

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES ET AGROECOLOGIE

Mémoire
en vue de l'obtention du diplôme de Master académique
En Sciences de la Nature et de Vie
Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Etude de l'impact d'une pratique biologique sur les
bioagresseurs de la tomate et leurs antagonistes sous serre**

Présenté par : **NOURINE Roumaïssa & ISMAIL Roumaïssa**

Devant le jury :

Présidente :	M ^{me} NEBIH D.	MCA	USDB 1
Examinatrice :	M ^{me} BRAHIMI L.	MCB	USDB 1
Promotrice :	M ^{me} ALLAL L.	PR	USDB 1

Année universitaire 2020/ 2021

Remerciements

On remercie **DIEU** le tout puissant de nous avoir donnée la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide sans et l'encadrement du **Pr ALLAL BENFKIH LEILA** on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements au **Pr NEBIH DAOUIA**, qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence du jury ainsi qu'au **Dr BRAHILI** qui a cordialement accepté de juger ce travail en tant qu'examinatrice

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leur générosité et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leur charge académiques et professionnelles, ainsi qu'à tous les employeurs de l'administration qui étaient toujours présents à notre disposition.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :

À l'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect : mon cher père Boualem.

À celle qui ma donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir, tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte : ma chère mère Malika

À mes chères frères mes trois piliers dans la vie Abdelkader, Chamsseddine et Aymen Liouaa eddine qui ont toujours été là pour moi, ne m'ont jamais sous-estimée, et m'ont toujours poussée vers l'avant et cru en moi.

À celui qui na jamais cessé de me conseiller, m'encourager et me soutenir tout au long de mes études : ma petite chère sœur Imane.

À mes deux chères grands mères : Daouia et Hadda que Dieu leurs donne santé et longue vie.

À mes deux défunts grands pères que Dieu les gardent dans son vaste paradis : Ibrahim et Mohammed.

À mes chers cousins et chères cousines : Zola, Nawel et Yasmine.

A celles qui m'ont donné confiance en moi et qui m'ont toujours poussé vers le haut : mes chers leaders Foudil, Assia et Farida.

A mes chères tantes : Aicha, Samia et Fatiha

A mes chers oncles : kheladi, Mohammed, Lahcen et Said

A tous mes chers amis : Mounia, Meroua, Céline, Assma, Amel, Fati, Imane et Melissa

A monsieur Ghraibi Youcef et à Abd elfattah qui m'ont vraiment aidé avec leurs informations et leur bienveillance à bien vouloir me tirer vers le haut

Sans oublier mon binôme et ma meilleure amie Ismail Romaissa pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.



Dédicace

Quoi de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de ma vie avec les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de la fin de mes études,

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à

Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour, ceux qui m'ont apporté toujours soutien et bonheur dans la vie :

*Pour vous, très chère mère **DJAMILA**, pour vous respectueux père **Hamid** , vous les plus chers de mon cœur, vous qui m'aviez entouré de nobles sentiments*

*Pour vous, très chers mes frères **ABD EL ERRAHMANE** et **ASSIL***

*MA SŒUR : **SARRAH***

Pour la famille : Ismail et Bakir

*Aux personnes que je n'oublierais jamais mes amis... **Ichrak** , **Yamina** , **Manel** , **Asma mèche** , **Hadia** , **Mounia** , **Maroua** , **Amina** et **Asma** , **Zola***

*Et enfin , mon binôme et ma meilleure amie **Nourine Roumaïssa** pour son soutien moral, sa patience aussi*



Etude de l'impact d'une pratique biologique sur les bioagresseurs de la tomate et leurs antagonistes sous serre

RESUME

La tomate est la culture légumière la plus importante dans le monde. En pratique, elle nécessite beaucoup d'apports en fertilisants surtout en serre. La fertilisation raisonnée de la tomate requiert la prise en considération des besoins nutritionnels de la plante mais aussi de l'impact des infestations des phytophages qui lui sont inféodés. Le présent travail a porté sur l'évaluation de deux bio fertilisants, compost, végétalet produit Dalgin à base d'extrait d'algues comparé à une fertilisation minérale à base d'engrais NPK 15-15-15, urée 46%et un témoin non fertilisé sur les paramètres de croissance et de production d'une variété de tomate cerisiforme cultivés en pots ainsi que sur la disponibilité et l'abondance des ravageurs et des auxiliaires sous serre. L'évolution des plants a été analysée en présence et en absence d'unpallis.pour tous les traitements.L'extrait d'algues a montré un meilleur impact sur la croissance en hauteur des plants, le nombre moyen de fleurs et de fruits produits par plant ainsi que sur la réduction du nombre total des phytophages dominés essentiellement par les thrips et les aleuordes. Les captures de l'entomofaune utile indiquent également une meilleure disponibilité et une abondance non négligeable des auxiliaires prédateurs que pour le compost et le NPK.

Mots clés : fertilisation biologique, extrait d'algues, infestations, entomofaune utile, tomate, cultures protégées.

Study of the impact of an organic practice on tomato pests and their antagonists under greenhouse

ABSTRACT

Tomato is the most important vegetable crop in the world. In practice, it requires large amounts of fertiliser inputs, especially in the greenhouse. Sustainable tomato crop fertilization requires the consideration of nutritional plant balance but also of the infestations impact of the phytophagous arthropod communities which are inflated to it. The present work focused on the evaluation of two bio-fertilizers, a botanical compost, and seaweed extract based Dalgin product compared to a mineral fertilization based on NPK 15-15-15, urea 46% and an unfertilized control on the growth and production parameters of a cherry tomato variety grown in pots, as well as on the availability and abundance of pests and beneficials in the greenhouse. Plant development was analysed in the presence and absence of mulching for all treatments. The seaweed extract showed a better impact on plant height growth, the average number of flowers and fruits produced per plant as well as on the reduction of the total number of phytophagous pests dominated mainly by thrips and white flies. Captures of beneficial entomofauna also indicate a better availability and significant abundance of predatory beneficials than for compost and NPK.

Keywords: organic fertilisation, seaweed extract, infestations, beneficial entomofauna, tomato, protected crops.

دراسة تأثير ممارسة عضوية على آفات الطماطم ومضاداتها في البيوت البلاستيكية

ملخص

تعتبر الطماطم أهم محصول نباتي في العالم. من الناحية العملية ، يتطلب الأمر كميات كبيرة من مدخلات الأسمدة ، خاصة في البيوت البلاستيكية . يتطلب إخصاب محاصيل الاستدامة مراعاة التوازن الغذائي للنبات وأيضًا تأثير الإصابة بمفصليات الأرجل النباتية التي تتضخم بها. وركز العمل الحالي على تقييم اثنين من الأسمدة البيولوجية ، السماد النباتي ، ومنتج دالجين المستخرج من الأعشاب البحرية ، مقارنة بالإخصاب المعدني المستند إلى NPK 15-15-15 ، واليوريا 46% والتحكم غير المخصب في معاملات النمو والإنتاج. من صنف طماطم الكرز المزروع في الأواني ، وكذلك على مدى توفر ووفرة الآفات والمفيدة في البيوت البلاستيكية . تم تحليل تطور النبات في وجود وغياب التغطية لجميع المعالجات. أظهر مستخلص الطحالب البحرية تأثيرًا أفضل على نمو ارتفاع النبات ، ومتوسط عدد الأزهار والفواكه المنتجة لكل نبات ، وكذلك على تقليل العدد الإجمالي للآفات النباتية التي يغلب عليها ترييس والذباب الأبيض. كما تشير أسراب الحيوانات الحشرية المفيدة إلى تحسن توافر ووفرة كبيرة من المنافع المفترسة مقارنة بالسماد و NPK .

الكلمات المفتاحية: التسميد العضوي ، مستخلص الطحالب البحرية ، الإصابات ، الحيوانات الحشرية النافعة ، الطماطم ، المحاصيل المحمية.

Sommaire

REMERCIEMENT

DEDICACE

RESUME

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAU

LISTE DES FIGURES ET GRAPHIQUES

Introduction générale.....	1
Partie Bibliographique	
Chapitre I : Généralités sur la tomate	
Classification :.....	3
Caractéristiques morphologiques de la tomate :.....	3
- le système racinaire	3
- La tige :.....	4
- Les feuilles :.....	4
- fleurs et fruit de tomate.....	5
Cycle de développement :.....	6
a. Phase de germination.....	6
b. Phase de croissance.....	6
c. Phase de floraison :.....	6
d. Phase de fructification et de maturation :.....	6
Exigences pédoclimatiques.....	7
Température.....	7
Humidité relative (HR).....	8
Lumière.....	8

Sol	8
Ravageurs et maladies :.....	8
Principaux ravageurs de la tomate.....	9
Principales maladies de la tomate:.....	11
Chapitre II : Entretien de la culture	
Tuteurage :.....	13
Taille :.....	13
Paillis.....	14
Paillage :.....	15
Irrigation.....	15
Fertilisation de la tomate.....	15
Partie expérimentale	
Matériels et méthode	
Site d'étude	20
Matériel végétale	20
Amendements utilisés :.....	22
Engrais minéraux :	22
Urée 46% :	22
Extrait d'algues :	23
Paillis :	23
Méthode d'étude.....	23
Stérilisation du sol :	25
Application des traitements en pots:	25
Volume occupé du pot :	25
Repiquage des plants en pots:	26

Préparation de la serre Tunnel et mise en place des pots:	27
Suivi des captures des arthropodes ravageurs et auxiliaires.....	28
Observation des captures de l'entomofaune au laboratoire.....	29
Analyses des données :	30
Croissance et production des plants de tomate.....	30
Suivi des abondances en ravageurs et auxiliaires capturés.....	30
Analyses uni variées.....	31
Résultats et discussion	
Contraintes expérimentales rencontrées.....	31
Conditions climatiques.....	32
Effet des biofertilisants étudiés sur la croissance et la production des plants:.....	33
Effet sur la hauteur des plants:	34
Effet sur le nombre de fleurs.....	36
Effet sur le nombre de fruits.....	38
Synthèse des comparaisons multiples par paires de l'effet des fertilisants sur la croissance et la production des plants de tomate en pots	40
Effet des biofertilisants étudiés sur les abondances des arthropodes ravageurs et auxiliaires.....	42
Effet sur les auxiliaires.....	45
Composition des communautés d'auxiliaires capturée sous serre durant a période d'échantillonnage.....	47
Discussion générale.....	49
Conclusion	
Conclusion et perspectives.....	55
Références bibliographique	

Liste des abréviations

ALG, EA, EXT : extrait d'algues

ANOVA: analysis of variance

At : autres

CaS : calcium sulfide

CE : la conductivité électrique

Com, C : compost

Ex : exemple

FAO: Food and Agriculture Organization

Fig : figure

HR : humidité relative

IFDC : International Fertilizer Development Center

K : potasse

K : potassium

K₂O : potassium oxyde

MgO : magnésium oxyde

N : azote

N : azote

NPK : engrais conventionnel

P : phosphore

P : phosphore

P, AP : avec paillis

Pa : parasitoïdes

PH : potentiel hydrique

Pol : pollinisateurs

Pr : prédateurs

SP : sans paillis

T° : température

Tab : tableau

Tem, T : témoin

Tukey HSD: Tukey's range test(honestly significant difference)

TYLCV: Tomato yellow leaf curl virus

USD : université saad dahleb

Liste des tableaux

N° de tableau	Titre	N° de page
matériel et méthode		
Tableau 1	Températures et précipitations journalières en mars et avril 2021 à Blida	20
Résultat et discussion		
Tableau 2	Dates d'application des traitements en fertilisants	25
Tableau 3	Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes des hauteurs des plants de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12)	36
Tableau 4	Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes du nombre de fleurs par plant de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12).	39
Tableau 5	Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes du nombre de fruits par plant de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12).	40
Tableau 6	Variation de la croissance et la production des plants de tomate en serre en relation avec le type de fertilisant et la modalité paillis	41
Tableau 7	Résultats de l'ANOVA relatifs à l'effet des facteurs étudiés sur les moyennes d'abondance des ravageurs capturés	44
Tableau 8	Résultats de l'ANOVA relatifs à l'effet des facteurs étudiés sur les moyennes d'abondance des auxiliaires capturés.	48
Tableau 9	7. Composition taxonomique et présence (+) absence (-) des taxons bénéfiques de l'entomofaune capturée au niveau des plants de tomate fertilisés et non fertilisés (pa : parasitoïdes, pr : prédateurs, pol : pollinisateurs, at : autres).	50

Liste des figures :

Partie bibliographique		
Figure1	Le système racinaire de la tomate	4
Figure2	Feuilles et tiges de la tomate	4
Figure3	Fleur de la tomate	5
Figure4	Fruit de la tomate	5
Figure5	Cycle de développement	7
Figure6	Tuteurage de la tomate	13
Figure7	Taille de la tomate	14
Matériel et méthodes		
Figure 1	Localisation des serres expérimentales au département des Biotechnologies et Agroécologie (USD. Blida1) sur GoogleEarth	19
Figure 2	Semis des graines de tomate dans les plaquettes alvéolées	19
Figure 3	Plantules prêtes préparées et développées en pépinière	20
Figure 4	Produit fertilisant à base d'Extrait d'algues 'Dalgin'	21
Figure 5	Paillis à base de bois et de paille disposé à la base des plants de tomate sous serre	22
Figure 6	Dispositif expérimental utilisé.	22
Figure 7	Les principales étapes pour la stérilisation du sol	23
Figure 8	Repiquage des plants de tomate en pots après incorporation des traitements en fertilisants.	24
Figure 9	Niveaux d'aération de la serre	25
Figure 10	Serre tunnel utilisée pour le dispositif expérimental	25
Figure 11	Séparation des blocs de traitement par un filet en mailles fine, de couleur verte.	26
Figure 12	Méthode d'utilisation des plaques jaunes et bleues engluées pour le piégeage des arthropodes	27
Figure 13	Assiette jaune à eau pour le piégeage des arthropodes	27
Figure 14	Méthode d'observation des captures par les pièges colorés au laboratoire	27
Résultats et discussion		
Figure 1	Flétrissement des plants de tomate après l'apport d'une dose élevée d'engrais NPK.	31
Figure 2	Variation des données climatiques journalières des mois d'avril, mai et juin au niveau de la région de Soumâa.	32
Figure 3	Aspect général des plants de tomate dans les modalités avec (AP) et sans paillis (SP) (Ext : extrait d'algues, T : témoin).	33
Figure 4	Variation de la hauteur moyenne des plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.	33
Figure 5	Moyennes + SEM des hauteurs (cm) selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.	34

Figure 6	Variation du nombre moyen de fleurs produites par les plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.	35
Figure 7	Moyennes + SEM du nombre de fleurs produites par les plants de tomate en pots selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.	36
Figure 8	Variation du nombre moyen de fruits produits par les plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.	37
Figure 9	Moyennes + SEM du nombre de fruits produits par les plants de tomate en pots selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.	38
Figure 10	Variation temporelle de l'abondance totale des populations de ravageurs capturés par les plaques englués selon les modalités paillis en serre.	39
Figure 11	Comparaison des moyennes d'abondance des ravageurs sous serre	40
Figure 12	. Variation temporelle des effectifs des phytophages les plus représentés dans les différents traitements en fertilisants	41
Figure 13	Variation temporelle de l'abondance totale des populations des auxiliaires capturés par les plaques englués selon les modalités paillis en serre.	43
Figure 14	Comparaison des moyennes d'abondance des auxiliaires sous serre.	44
Figure 15	Effectifs comparés des prédateurs et des parasitoïdes capturés au niveau des blocs de traitements en fertilisants étudiés (P : avec paillis, SP : sans paillis, ALG : extrait d'algues, COM : compost, Tem : témoin, NPK : engrais conventionnel).	45

Introduction

Les cultures sous-serre en Algérie, occupent une superficie totale annuelle de 14.000 ha, soit près de 320.000 serres-tunnels de 400 m². Elles assurent l'approvisionnement du marché en légumes frais toute l'année, du fait de leur productivité beaucoup plus élevée que celle des cultures de plein champ. La filière tomate constitue aujourd'hui un défi de l'autosuffisance et de l'exportation, en raison de ses différentes perspectives.

La tomate est la première culture pratiquée sous serres avec 4500 ha suivie par le piment et le poivron avec 4200 ha contre 2000 ha de superficie cultivée pour les cucurbitacées (courgette, concombre). Elle est cultivée au Nord et au Sud du pays, plus particulièrement sur le plan de la superficie au niveau des régions d'Alger, Tipaza, Mostaganem, Biskra, El-Oued et Adrar. Le fruit de cette solanacée annuelle est destiné à la consommation humaine en tant que légume ou sous forme de conserve au niveau des unités de fabrication du triple concentré de tomate implantées notamment à l'Est du pays (**Boukella, 1996**). En 2016, la culture de la tomate a occupé plus de 22.000 hectares en Algérie (serre et plein champ) pour un rendement moyen de 570 q/ha.

L'introduction des nouvelles techniques et méthodes qui permettent la réussite d'une culture, vers le développement d'alternatives basés sur l'activation de défense naturelle de la plantes par l'augmentation de l'action protectrice de la viabilité des cultures.

Dans le cadre d'une production agrobiologique, l'assurance de la qualité biologique compte sur l'utilisation des ressources et des mécanismes de régulation naturels pour remplacer des apports dommageables à l'environnement et qui assurent à long terme une agriculture viable.

La pérennité du système de production se supporter sur la protection des ressources environnementales du milieu car la première ligne de défense c'est un écosystème sain.

La recherche d'une production de grande qualité, mais donnant la priorité à la protection de la santé humaine et la sauvegarde de l'environnement, en cherchant à minimiser, par un usage raisonné, les effets néfastes des produits chimiques utilisés en agriculture (**Habib, 1999**).

Compte tenu de l'importante valeur économique de la tomate et des contraintes à la production liées au ravageur susmentionné, une nouvelle alternative de gestion phytosanitaire s'impose, et elle s'oriente vers la gestion agroécologique des bioagresseurs par la valorisation de la biodiversité végétale au niveau des parcelles cultivées (Pôle de Recherche Agroenvironnementale de la Martinique)

L'un des principes clés identifié pour l'intérêt agronomique sur le sol et la plante, l'introduction des légumineuses et engrais verts dans le roulement et l'épandage des matières organiques compostés.

Notre objectif c'est l'évaluation de l'impact des biofertilisants (engrais (NPK et Urée 46%), compost et extrait d'algues) sur les bioagresseurs antagonistes de la tomate *Lycopersicon esculentum Mill* sous serre dont l'effet de présence / absence de paillis pour l'amélioration de la lutte intégrée.

Ce contexte est divisé en deux grandes parties :

- La première partie concerne la synthèse bibliographie sur la tomate *Lycopersicon esculentum Mill* et l'entretien cultural.
- La deuxième partie concerne le protocole expérimental inclut les matériels et méthodes d'expérimentation avec la présentation et l'interprétation des résultats finis par une conclusion de ce mémoire.

Partie
Bibliographique

Chapitre I

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est une espèce de plantes herbacées de la famille des Solanacées, originaire d'Amérique Latine, s'est propagée en Asie du sud et de l'est, en Afrique et au Moyen Orient (**Shankara et al. 2005**).

C'est en 1905, que la tomate a été introduite en Algérie par les espagnols dans la région d'Oran, puis elle étendit vers le centre (**Latigui, 1984**).

I.1. Classification :

La tomate est classée selon des critères liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (**Gallais et Bannerot,1992**).

Linné en 1753, lui attribua le nom de *Solanum lycopersicum*. Le nom qui lui a été attribué par Philip Miller en 1754 de *Lycopersicum esculentum* qui a été retenu (**Munro et Small,1997**).

Selon **Cronquist (1981)**, **Gaussen et al.(1982)**, la tomate appartient à la classification suivante :

Règne.	Plantae
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Solonales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicum</i>
Espèce	<i>Lycopersicum esculentum</i> Mill

I.2. Caractéristiques morphologiques :

I.2.1. Le système racinaire :

Le s système racinaire est puissant, très ramifié à tendance fasciculée. Il est très actif sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on peut trouver des racines jusqu'à 1 mètre de profondeur (**Chaux et Foury, 1994**) (**Fig 1**).



Figure 1: le système racinaire de la tomate (D.Blancard, 2009)

I.2.2. La tige :

La tige est vigoureuse et ramifiée (**Pntta, 1999**), poilue, épaisse aux entre-nœuds.

Chez les tiges à croissance déterminée la croissance s'arrête après avoir émis un nombre variable de bouquets de fleurs. Elles donnent des pieds qui ont 60 à 80 cm de hauteur (Ex: cultures industrielles). Contrairement, les tiges à croissance indéterminée se rencontrent chez des variétés dont la croissance ne s'arrête pas tant que les conditions écologiques sont favorables. De telles variétés demandent à être palissées (**Anonyme, 2007**).

I.2.3. Les feuilles :

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords, grisâtres à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige (**Raemaekers, 2001**) (Fig.2).



Figure 2: Feuilles et tiges de la tomate (Krid et Messati, 2013)

I.2.4. Fleurs et fruits de la tomate :

Les fleurs sont de couleur jaunâtre, regroupées en cyme. Se compose:

- D'un calice formé par 5 sépales soudés verts.
- D'une corolle formée par 5p étales jaunes soudés par leur base
- De 5 étamines soudées entre elles et aux pétales
- D'un ovaire à deux carpelles soudés (**Raemaekers,2001**)(Fig3).



Figure 3: Fleur de la tomate (Krid et Messati, 2013)

Le fruit est un une baie charnue à un ovaire élargi à plusieurs loges contenant les graines (**Chaux et Foury, 1994**). En général, les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (**Naika et al., 2005**)(Fig.4). La graine est petite (250 à350 graines par gramme) et velue. Après le stade cotylédonaire, la plante produit 7 à 14feuilles composées avant de fleurir (**Dore et Varoqaux,2006**).

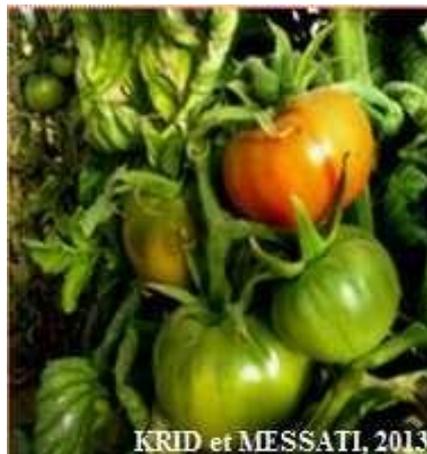


Figure 4: fruit de la tomate (Krid et Messati ,2013)

I.3. Cycle de développement :

Le développement de la plante de tomate s'accomplit en passant par des phases successives caractéristiques (Fig. 5) qui sont:

a- **Phase de germination** : Les graines germent en 6 à 8 jours après le semis à la température optimale du sol (20 à 25°C) (Van der vossen et *al.* 2004). Au-dessus du sol apparaissent la tigelle et deux feuilles cotylédonaire simples et opposées. Dans le sol, la radicule possède un manchon de poils absorbants bien visible (**Mémento de l'agronome, 2003**).

b- **Phase de croissance** : C'est la phase où la plante émet plus de racines et développe sa partie aérienne par l'émission des paires de feuilles. Les deux premières vraies feuilles apparaissent vers le 11^{ème} jour et ne sont bien développées que vers le 20^{ème} jour. Au bout de premier mois environ, il ya 3 à 4 paires de feuilles (**Mémento de l'agronome, 2003**).

c- **Phase de floraison**: La première inflorescence, apparaît deux mois et demi environ après le semis. Puis la floraison s'échelonne de bas en haut (**Mémento de l'agronome, 2003**).

d- **Phase de fructification et de maturation**: Elle commence par la nouaison des fruits de l'inflorescence de base et se poursuit par les inflorescences supérieures au fur et à mesure de l'apparition des inflorescences et de la fécondation des fleurs. Cette phase dure environ deux mois, soit de quatre à six mois après les émis.

La durée du cycle végétatif complet de la tomate est de 4 à 5 mois environ pour les semis directs en pleine terre et de 5 à 6 mois pour les plants repiqués. En contre saison, le cycle végétatif s'allonge et il peut atteindre 7 mois (**Mémento de l'agronome, 2003**).

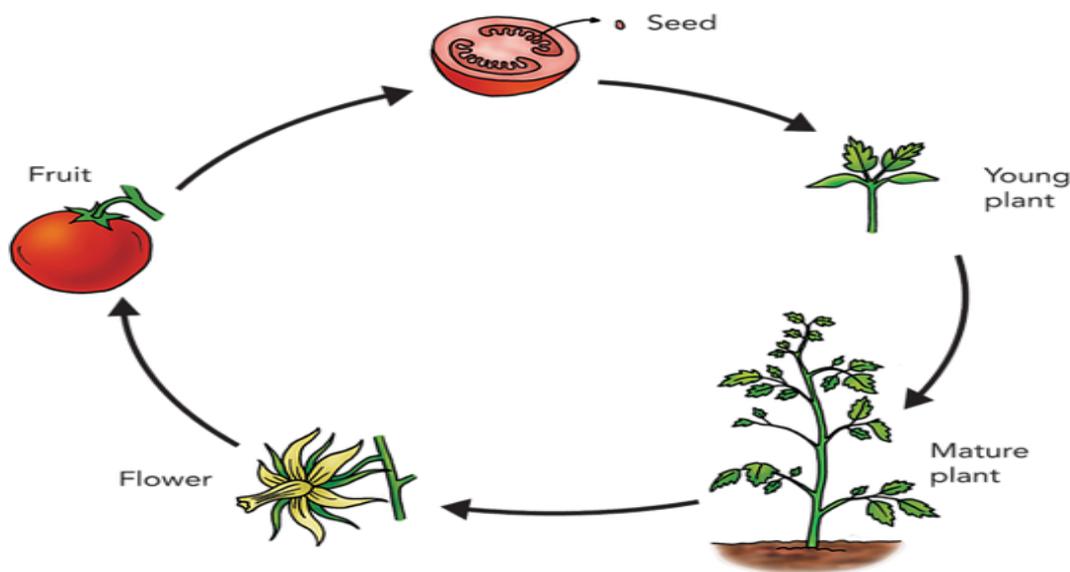


Figure 5:Cycle de développement (Mémento de l'agronome, 2003)

(Levée : 1 semaine, Repiquage : 2 semaines, Plantation : 1à1, 5 mois, 1^{ères} fleurs : 1,5à3 mois, Nouaison 2 à 3,5 mois, Récolte 3à4,5 mois Fin de récolte 3,5à7 mois).

I.4.Exigences pédoclimatiques

La tomate "*Lycopersicum esculentum Mill*" est sensible au froid, craint beaucoup le gel et les vents chauds (chergui) et est très exigeante en température, (Polese, 2007).

I.4.1. Température

La température est le facteur le plus déterminant dans la production de la tomate. Les basses températures (<10°C) ralentissent la croissance et le développement des plantes, entraînant un raccourcissement des entre-nœuds et la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production (Chibane A., 1999).

Au dessous de 17°C, le pollen germe mal, surtout si l'humidité est faible. La température agit également sur la qualité des fruits (Benton, 1999 ;Naika et al.,2005).

Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C.

L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate (Naika, 2005)

I.4.2. Humidité relative (HR)

Une humidité relative de 75 % est jugée optimale. Elle permet d'avoir des fruits de bons calibres. Une HR trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entre-nœuds.

Elle favorise aussi le développement des maladies, notamment le botrytis et le mildiou (**Chibane A., 1999**).

Le stress causé par une carence d'eau et les longues périodes arides fait tomber les bourgeons et les fleurs et provoque le fendillement des fruits (**Munro et Small, 1998**).

I.4.3. La lumière

La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeante en énergie lumineuse et un manque peut inhiber l'induction florale. La réduction de la lumière baisse le pourcentage de germination du pollen. Un éclairage de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison. Toute fois la photopériode ne doit pas dépasser les 18 heures par jour (**Chtiwi, 2000 in Merdaci et Atia, 2006**).

I.4.4. Sol

En général, la tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable (**Chibane A, 1999**).

Selon **Chaux et Foury (1994)**, le pH toléré par la tomate varie de 4,5 à 8,5. Le meilleur équilibre nutritionnel est assuré à des pH compris entre 6 et 7.

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 4 mmhos/cm, soit 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10 %. (**Brun et Montarone, 1987**).

Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l. (**Chibane A , 1999**).

I.4.5. Ravageurs et maladies:

Les principales contraintes techniques de la culture de tomate (sous serre ou plein champ) sont les maladies fongiques et virales (mildiou, Alternariose, botrytis, TYLCV), les insectes ravageurs (pucerons, noctuelles, Tuta,) et les nématodes. des serres.

I.4.5.1. Principaux ravageurs de la tomate

○ Nématodes (*Meloidogyne incognita*)

Ils provoquent des galles sur les racines des plantes. Les symptômes apparents de l'infestation par les nématodes sont la chlorose, le retard de croissance, le flétrissement, la sénescence précoce et la chute de rendements. Il existe de nombreuses espèces de nématodes qui attaquent la tomate, l'espèce la plus importante appartient au genre *Meloidogyne sp* (Csiszinsky *et al.* 2005).

○ Pucerons

Des dommages directs sont produits lorsqu'ils apparaissent en grands nombres sur la culture, ou ils préfèrent les feuilles et les tiges les plus tendres. En outre, des dommages indirects peuvent être provoqué par les pucerons, en transmettant différents virus, tels que le virus de mosaïque du concombre (CMV) (Shankara *et al.*, 2005; Pyron, 2006).

Parmi les espèces de puceron considérés comme ravageurs redoutables relevés sur la tomate, on peut citer: *Aphis gossypii* (Glover), *Myzus persicae* (Sulzer) et *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) qui provoquent des dégâts considérables, notamment en serre ou une culture peut être détruite en l'espace de trois semaines (Boll *et al.* 1994; Csiszinsky *et al.*, 2005).

○ Cicadelles

Les adultes et les larves infestent le feuillage et sucent les feuilles, ils provoquent une décoloration des feuilles et peuvent transmettre des virus. La lutte généralement n'est pas nécessaire (N'Djamena, 1995).

○ Thrips

Les thrips sont des insectes polyphages qui peuvent s'attaquer à différentes familles botaniques (Morse et Hoddle, 2006). Ces ravageurs ont également la capacité de transmettre des phytovirus aux plantes visitées au moment de la prise de nourriture (Mailhot *et al.*, 2007). La gravité de la virose provoquée par le virus de la mosaïque bronzée de la tomate (TSWV: *Tomato Spotted Wilt Virus*) est bien connue puisque les pertes en culture de tomate ont été estimées à 09 millions de dollars américains dans le monde en 10 années seulement (Riley *et al.*, 2011). Le principal vecteur de cette maladie est le thrips californien (*Frankliniella occidentalis*) qui cause de plus en plus de dommages dans les cultures de tomate en Algérie depuis son introduction (Houamel, 2013; Riley *et al.*, 2011).

○ **Vers gris**

Ce sont les chenilles de papillons de nuit, de la famille des Noctuidae. Les dégâts occasionnés par le vers gris s'observent généralement au printemps, après la transplantation sur le collet des plantes. Mais ces derniers peuvent également s'attaquer aux feuilles, aux fruits ou aux racines. (Leboeuf, 2004).

○ **Aleurodes ou mouches blanches**

Deux espèces d'aleurodes sont très abondantes en cultures de tomate: L'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) et l'aleurode du tabac (*Bemisia tabaci* Gennadius). Les larves et les adultes prélèvent une grande quantité de sève brute (Oriani *et al.*, 2011), le miellat excrété salit les plantes et favorise la formation de fumagine due à *Cladosporium* sp., qui entrave la photosynthèse et empêche la respiration des feuilles (Smith, 2009). En plus de leur action de spoliation de la sève, ces insectes peuvent transmettre des virus phytopathogènes redoutables tels que le virus de la maladie des feuilles jaunes en cuillère de la tomate (TYLCV: *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*) (Berlinger et Dahan, 1987; Jiang *et al.*, 2004), ou le virus de la chlorose de la tomate (TICV) (Fraval, 2009; Melouket *et al.*, 2013; Cavalierier *et al.*, 2014).

○ **Mouches des fruits (*Bactrocera*)**

Les dégâts de ces insectes sont liés à la ponte et au développement des larves dans le fruit. Lorsque la femelle transperce l'épiderme, elle dépose, en plus de ses œufs, des bactéries qui accélèrent la dégradation des fruits. Ces derniers tombent plus rapidement au sol et deviennent impropres à la consommation. Les galeries creusées par les larves exacerbent le phénomène (Vannière *et al.*, 2013).

○ **Mouches mineuses (*Liriomyza*) :**

Depuis 2008, c'est la mineuse de la tomate (*T. absoluta*) qui est le principal ravageur de cette culture dépassant les autres espèces au cours des premières années. Ce déprédateur constitue un grand obstacle pour la production de la tomate sous abri comme en plein champ. En effet, des pertes de 100% ont été signalées la première année de son introduction en Algérie (Guenouai, 2008 ; Berkani et Badaoui, 2008).

○ **Acariens :**

Les acariens pondent leurs œufs sur le côté inférieur des feuilles. Les larves et les adultes sucent la sève des plantes. Les feuilles et les tiges jaunissent et se des sèchent, les acariens peuvent fabriquer des toiles en fils légers qui ressemblent aux toiles d'araignée.

Les dommages qu'ils provoquent sont les plus importants pendant la saison sèche (**Shankar et al. 2005**). Les acariens se développent et se multiplient très rapidement par temps chaud et sec

I.4.5.2. Principales maladies de la tomate:

○ **Virus du TYLC :**

Les plantes atteintes ont une croissance ralentie avec une réduction des entrenœuds, un aspect buissonnant, des folioles de petites taille qui jaunissent et de viennent incurvées en forme de cuillère, et parfois filiforme. Les fruits sont petits et peu nombreux. Si l'infection est précoce la récolte est nulle (**Trottin-Caudal, 2011**). Ce virus est transmis par les aleurodes (**Benton,2008**).

○ **Mildiou (*Phytophthora infestans*) :**

Le mildiou est une moisissure qui se trouve dans toutes les régions du monde, mais on la trouve plus fréquemment dans les régions montagneuses ou dans les basses terres, où les conditions climatiques sont fraîches et humides (**Naika et al.,2005**).

○ **Oïdium (*Oidiopsis* ou *Leveillula taurica*) :**

Le champignon *leveilula taurica* est responsable des taches jaunes sur le dessus des feuilles, des spores blanches et poudreuses se développent sur ces taches, tant sur le dessus que le dessous des feuilles.

Le développement de la maladie est favorisé par une humidité relative comprise entre 50 et 70% et une température entre 20 et 25°C .La présence d'eau libre n'est pas nécessaire (**El-Akel et al. 2001**).

○ **Flétrissement bactérien (*Ralstonia solanaceae*) :**

Il s'agit d'une maladie transmise par le biais du sol. Selon **Naika et al.,(2005)**, les premiers symptômes chez les plantes infectées sont le flétrissement des feuilles terminales, suivit après 2à 3 jours d'un flétrissement soudain et permanent sans jaunissement.

○ **Fusariose(*Fusarium oxysporum*) :**

C'est une maladie vasculaire, l'une des maladies les plus dévastatrices de cette culture à travers le monde (**Haas et Defago, 2005**). Elle est causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* et *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*, champignons telluriques dotés d'une spécificité stricte d'hôtes. Ils sont capable d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante, **puis** sa mort (**Duval, 1991**). La maladie provoque de grandes pertes, en particulier sur les variétés sensibles de tomates, lorsque la température du sol et de l'air sont assez élevée. Ce la favorise l'apparition de la maladie (**Sudhamoy ,2009**). Il existe aujourd'hui de nombreuses variétés résistantes au *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici*, ce pathogène ne représente donc plus un grand danger pour la culture de la tomate.

○ **Alternariose(*Alternariasolani*) :**

L'Alternariose de la tomate est une maladie cryptogamique provoquée par un champignon *Alternaria solani* Sorauer (1896). Ce champignon attaque également d'autres solanacées, dont la pomme de terre, le piment et l'aubergine (**Naika et al.,2005**).

Chapitre II

II.1. Tuteurage :

Bien que n'étant pas indispensable, le tuteurage permet deux choses : éviter les maladies et permettre un bon développement des plants ; faciliter la cueillette le moment venu. Le tuteurage permet d'entretenir vos tomates plus facilement car vous pourrez les traiter et les tailler en les ayant à portée de main. Un tuteur bien planté offrira la garantie d'une bonne résistance aux vents forts et surtout de pouvoir supporter des tomates de plus en plus lourdes au fil des semaines (**Hallaoui, 2020**).

En effet, le tuteurage (fig 6) permet une meilleure exposition des feuilles à la lumière ainsi que la limitation des parasites du sol.



Figure 1: Tuteurage de la tomate (Halloui, 2020)

II.2. La taille :

La taille des plants de tomates consiste à enlever les drageons qui poussent à l'aisselle des feuilles (**Villeneuve, 2016**). L'intérêt majeur est d'éviter l'envahissement par les nombreuses pousses, les fruits se développant le long de la tige principale. D'autre part, la taille des plants de tomate contribue pour une meilleure fructification tant sur le plan qualitatif que quantitatif.

D'après **Villeneuve, (2016)**, Si on a la chance d'avoir une serre ou un bon système de tuteurage à l'abri du vent, on pourra faire la taille continue, On conserve seulement le drageon vigoureux situé sous la 1re grappe florale qui deviendra la 2e tige du plant. Tous les autres drageons qui poussent à l'aisselle des feuilles sont enlevés en continu. Cette taille favorise des fruits plus gros et plus tôt en saison. On tuteure les tiges au fur et à mesure qu'elles poussent.



Figure 7 : Taille de la tomate

II.3. Le paillis

Les tomates poussent dans la serre et ne nécessitent pas de paillis. Cependant, pour augmenter la fertilité du sol et la fertilité de la tomate le paillis ne doit pas être négligé.

Le paillis est une couche d'un matériau, naturel ou artificiel, séparant la surface du sol de l'atmosphère, le paillage étant l'application artificielle de paillis dans le but d'obtenir des changements bénéfiques de l'environnement du sol (**Acharya et al., 2005**).

Peut être fabriqué à partir de divers matériaux : paille, cônes (pins *etc*), puces, écorces et sciure de bois de résineux ou de feuillus. Cette technique de couverture du sol semble apparaître comme une voie intéressante dans l'amélioration de ses propriétés, à la fois en terme de biodiversité, d'environnement, et de rendement. **Teasdale et Abdul-Baki (1997)**, aux États-Unis, et **Samaila et al. (2011)**, au Nigeria, ont ainsi montré un effet favorable du paillage naturel en terme de croissance, de développement et de récolte chez la tomate.

Le sol s'enrichit en humus, il se réchauffe mieux et plus vite, ce qui est un avantage considérable par temps froid. La sciure de bois fraîche améliore la structure du sol et le protège du dessèchement. Cependant, il est préférable d'utiliser de la sciure de bois et des copeaux de bois dur sous forme de compost. La paille peut être également utilisée.

II.4. Le paillage :

Le paillage consiste à déposer sur le sol un lit de paille relativement épais en vue d'obtenir certains effets spécifiques, c'est une technique ancienne (**Hamadi ,1983 in Messaoudi, 1990**).

Les matériaux utilisés traditionnellement en cultures légumières sont la paille et les feuilles sèches qui ont l'inconvénient d'être encombrantes et nécessitent un temps de mise en place assez long et exigent de la main d'œuvre et du transport, d'où l'idée de les remplacer par des feuilles minces souples en matière plastique (**Chaux ,1971 in Messaoudi, 1990**).

Un paillage réalisé va très fortement limiter la croissance des adventices et autres concurrentes des plantes potagères. Il constitue un bon fonctionnement du complexe sol-végétation-décomposeurs. Pour les maraîchers, les bénéfices sont multiples:

- Régulation de la pression d'adventices par la couverture du sol : un mulch compact de 5cm d'épaisseur suffit à inhiber la germination de la quasi totalité des adventices.
- Maintien de la fertilité des sols car il garantit un très haut niveau d'activité biologique et permet de limiter la présence de certains ravageurs.
- Limitation des besoins en eau en maintenant l'humidité (**Besse, 2018**).

II.5. Irrigation :

La tomate est une plante assez sensible à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau.

Il est recommandé d'assurer une bonne alimentation hydrique durant tout le cycle de la culture. Un stress hydrique qui précède ou suit une irrigation normale entraîne des éclatements des fruits qui deviennent par la suite prédisposés aux attaques de maladies et ravageurs (**Chibane A., 1999**)

Les stades où les besoins en eau sont critiques se situent entre la floraison, nouaison et le grossissement des fruits. En effet, un stress hydrique au stade floraison provoque une coulure des fleurs et une mauvaise nouaison.

II.6. Fertilisation de la tomate :

Les normes d'exportation de la tomate (fruits+appareil végétatif) en unités/tonne du fruit sont les suivantes: N: 2,8 - P205: 0,85 - K20: 6 - CaS: 2,8 - MgO: 1,3.

Il convient de signaler que le potassium représente le principal constituant minéral de fruit, de ce fait, il constitue l'élément majeur dans un plan de fumure de la tomate sous serre (**Chibane A., 1999**).

II.6.1. Fertilisants composés

Ce type de fertilisants est un mélange d'azote (=N), de composé de phosphore (=P₂O₅) et de potasse (= K₂O). Mais bien entendu les plantes ont besoin, comme tous les autres êtres vivants, de bien d'autres éléments comme par exemple le magnésium ou les oligo-éléments **(Claude Aubert, 2012)**.

La tomate réagit bien aux engrais, en particulier ceux qui sont appliqués sous forme liquide **(Kotaix et al., 2013)**. Elle a énormément besoin de nutriments surtout d'azote et de potassium **(Kotaix et al., 2013)**. Une alimentation adéquate en azote donne un feuillage abondant, coloré avec un pouvoir d'assimilation accru, contrairement à l'excès qui fait gonfler les fruits et provoque des nécroses apicales **(Doucet et Malenfant, 1985 ; Mpika et al., 2015)**.

Le potassium qui représente le constituant minéral principal des fruits constitue l'élément majeur dans un plan de fumure de la tomate sous serre **(GMCP, 2016)**. Le calcium est l'élément déterminant de la qualité des fruits et de leur fermeté **(GMCP, 2016)**.

La tomate exige le phosphore pour une floraison rapide **(Gouba, 2002)**. Il est un élément important pour la croissance, le développement, le métabolisme et le transport de l'énergie dans la plante **(Ouédraogo et al. 2014)**.

II.6.2. Fertilisants simples

Ce type de fertilisants ne contient qu'un seul élément nutritif. Il est utilisé lorsqu'une culture présente une déficience spécifique (que l'on traite par ex. avec de l'azote nitrate, de l'urée ou du super phosphate). La tomate nécessite surtout du phosphore après le repiquage. Les applications d'azote et de potasse sont plus appropriées pendant la phase de croissance de la culture **(Labad et Bentamra, 2018)**.

Les recherches de l'IFDC **(2011)** et **Yameogo et al. (2013)** ont prouvé que l'efficacité de l'azote peut être nettement améliorée à travers le placement profond de l'urée. En effet, cette technologie entraîne une utilisation efficace de l'azote en le gardant plus dans le sol, hors de l'eau de surface où il est susceptible de se perdre sous forme gazeuse ou par percolation ou encore par écoulement **(Mohanty et al., 1999 ; Traoré, 2009 ; Yameogo, 2013)**.

Masome et Kazemi (2014) qui ont montré le rôle de l'urée et du potassium dans l'accroissement de la production de tomate aussi bien pour les variétés améliorées que traditionnelles.

II.6.3. Fertilisant de base :

Les résidus de récoltes, le compost, les fumiers de ferme, les fèces humaines, les jachères naturelles sont des amendements organiques qui sont une importante source de matières organiques pour le sol. Leurs effets sur l'amélioration des propriétés physicochimiques et biologiques du sol et sur les rendements des cultures ont été montrés par de nombreux auteurs **(Bationo et Mokwunyé, 1991 ; Sedogo, 1993; Bado, 2002 ; Kiba, 2005 ; Soma, 2010)**

Selon la station de compostage de déchets verts unique en Algérie Jardin d'Essai d'El-Hamma, Le compost est utilisé comme un support de culture, il est très cher et utile pour les agriculteurs définit comme fertilisant dans les différentes cultures et celles du jardinage et cela, à partir du traitement des déchets organiques. Il concerne tous les déchets organiques qui proviennent de plantes, des pelouses, du gazon et des déchets du jardin. Ces déchets organiques sont stockés, arrosés, quotidiennement, jusqu'à fermentation et, au bout de 4 mois, se transforment en compost, criblé par granulométrie **(Mehdi, 2010)**.

La fermentation du compost s'accompagne d'une forte élévation de température, cette dernière pouvant atteindre, voire dépasser, 60°C. Le compostage présente de nombreux avantages par rapport à l'apport du fumier non composté : prédigestion des matières organiques, qui seront plus rapidement assimilables par les plantes, destruction des bactéries pathogènes grâce à l'élévation de température, réduction du volume à transporter et à épandre, réduction des émissions de gaz à effet de serre, absence de mauvaises odeurs **(Claude, 2012)**.

II.6.4.Éléments verts :

On appelle engrais vert une plante cultivée destinée à être enfouie superficiellement dans le sol pour améliorer la propriété et la fertilité du sol **(Aubert, 2005)**.

La matière végétale directement incorporée au sol, sans phase de décomposition ou d'injection préalable par des animaux, forme ce que l'on appelle engrais vert. Son utilisation limite les risques d'érosion et permet la fixation des éléments nutritifs. Cependant, cette technique ne permet pas d'élever le stock global d'éléments nutritifs du sol, sauf dans le cas des légumineuses, lorsqu'elles sont utilisées comme source d'azote **(Dixon, 2002)**

Les extraits liquides interviennent à différents stades de la production végétale en agissant sur la germination des graines, la croissance et la résistance des plantes, le rendement des cultures, la qualité et la conservation des récoltes. Les extraits liquides sont le plus souvent élaborés à partir d'algues brunes *Ascophyllum nodosum* (Maxicrop, Algifert, Marinure, crème d'algue GA14).

La tomate apprécié tout particulièrement les engrais verts (**Andry, 2010**).

Récemment, il a été montré que des extraits d'algues vertes et rouges (*Corallina mediterranea* et *Jania rubens*) présentaient des effets bénéfiques sur la germination, l'élongation des racines et des tiges chez la fève (*Vicia faba*) (**El-Sheekh et El-Saied, 2000**).

Ces extraits impliquées dans le déclenchement de réactions de défense des plantes et sont à la base d'une nouvelle méthode de lutte phytosanitaire préventive (la vaccination des cultures), on sait aujourd'hui qu'elles interviennent dans la régulation d'autres fonctions végétales telle que la croissance, le développement, la reproduction et la morphogénèse.

Partie
Expérimentale

Matériels & Méthode

Dans cette partie, nous présentons la méthodologie de travail utilisée ainsi que les résultats obtenus interprétés par des éléments de discussion.

I.1. Le site d'étude :

L'étude est effectuée dans la région de Soumâa au niveau de la station expérimentale de l'université Saad Dahleb -Blida1 (fig.1), et au laboratoire de zoologie du département des biotechnologies et d'agroécologie.



Figure 1: Localisation des serres expérimentales au département des Biotechnologies et Agroécologie (USD. Blida1) sur GoogleEarth.

I.3. Matériel végétal :

Le semis du matériel végétal est entrepris au niveau d'une serre en polycarbonate et le repiquage a été réalisé sous une serre tunnel couverte en plastique de 112 m² de surface, avec une orientation Nord-Est.

Dans un premier temps, le semis des graines de tomate achetées chez le grenetier, a été fait dans des plateaux alvéolés remplis avec de la tourbe (fig.2) à raison de trois graines de tomate *Lycopersicon esculentum mill* dans chaque alvéole, à une profondeur de 3 à 6 millimètres. Les plaquettes à alvéoles ont été placées sur une paille au niveau de la serre en polycarbonate où la température avoisinait 21° à 27°C, à la fin mars (29 mars 2021) et arrosées à l'aide d'un pulvérisateur manuel une fois tous les deux jours.

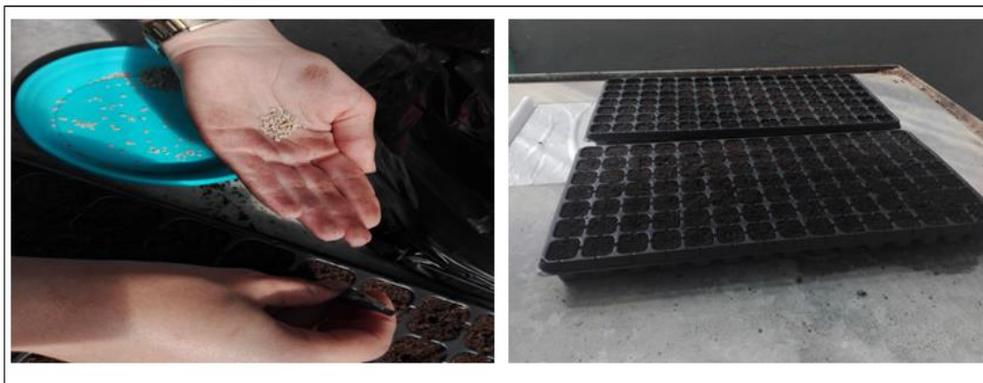


Figure 2: Semis des graines de tomate dans les plaquettes alvéolées (original, 2021).

Pour des raisons pratiques relatives à la durée de la saison de croissance des plants et à cause de la variabilité de température au cours de la période du 29 mars au 08 avril 2021 (tab. 1), période du commencement de notre expérimentation, nous avons opté d'utiliser des plantules déjà prêtes qui nous ont été fournies chez un pépiniériste. Cela pour mener notre travail selon les objectifs tracés à savoir l'effet de la fertilisation organique choisie sur la croissance, la production de la tomate et l'effet de cette conduite culturale sur les interactions avec la biocénose protagoniste.

Tableau 1: Températures et précipitations journalières en mars et avril 2021 à Blida

Date	29- mars	30- mars	31- mars	01- avr	02- avr	03- avr	04- avr	05- avr	06- avr	07- avr	08- avr
Tmin/Tmax °C	16 /26	15/24	16/27	18/29	15/22	12/20	11/18	9/17	11/22	12/16	8/20
Précipitations mm	0	0	0	0	0	0	0,9	0,3	0	0	0,1

(historique-meteo.net)

Des plantules bien développées (fig. 3) ayant une tige droite et des feuilles vertes avec une longueur inférieure à 12 cm, sont choisies.



Figure 3: Plantules prêtes préparées et développées en pépinière

(original, 2021)

I.3. Amendements utilisés :

I.3.1. Compost :

Le compost est utilisé comme fertilisant dans les différentes cultures et celles du jardinage et cela, à partir du traitement des déchets organiques. Il concerne tous les déchets organiques qui proviennent de plantes, des pelouses, du gazon et des déchets du jardin (**Mehdi, 2010**).

Nous avons obtenu ce fertilisant de la station de compostage du Jardin d'Essai D'El Hamma.

A propos des déchets végétaux, la direction du jardin d'Essai nous a indiqué qu'ils sont majoritairement recueillis par les services du jardin à la saison des tailles. Ces déchets sont composés essentiellement de feuilles de palmiers, de tontes de gazon, de pailles, et de déchets animaux. L'ensemble est stocké, arrosé quotidiennement, jusqu'à fermentation et, au bout de 4 mois, il se transforme en compost, qui est par la suite criblé par granulométrie.

I.3.2. Engrais minéraux :

I.3.2.1. N.P.K :

Selon **Horo, (2020)**, le complexe NPK a divers avantages.

- L'**azote (N)** favorise surtout la pousse des parties vertes de la plante (tiges et feuilles), leur précocité et leur développement.
- Le **phosphore (P)** joue sur la formation des fleurs et des graines et sur le développement racinaire. Il renforce la résistance naturelle des plantes aux agressions quelles qu'elles soient.
- La **potasse (K)** permet la floraison et le développement des fruits et de tous les organes de réserve tels que les racines et les tubercules. La coloration des fleurs et des fruits est améliorée ainsi que la résistance aux maladies.

I.3.2.2. Urée 46% :

Avec 46 % d'azote sous forme ammoniacale, l'urée est l'engrais sec le plus riche en azote et il est complètement soluble à l'eau. Il agit moins rapidement que les nitrates, et son effet dur plus longtemps. L'hydrolyse de l'urée dépend de la température du sol. Elle ne nécessite que de trois à cinq jours en sol froid tandis que quelques heures suffisent en sol

réchauffé. Son application est recommandée avant une pluie et il doit être enfoui afin d'éviter d'éventuelles pertes par volatilisation (Ziadi, 2007).

I.3.2.3. Extrait d'algues :

C'est un produit liquide contenant 100% d'extrait d'algues marines, à base de l'espèce *Ascophylum nodosum*. Ce fertilisant contient des micro et macro éléments, des acides aminés et des glucides qui augmentent la production et activent le processus de croissance. En effet, la cytokinine, les auxines et de l'acide gibbérellique, contenus dans ces algues stimulent la croissance générale.



Figure 4: Produit fertilisant à base d'Extrait d'algues 'Dalgin'

I.3.2.4. Paillis :

Pailler les tomates c'est l'action de recouvrir le sol au niveau des pieds de tomates, sur plusieurs centimètres, avec un composé organique comme de la paille et du bois par exemple. Cette action se fait directement au pied de la plante.

I.4. Méthode d'étude

1.4.1. Etapes de préparation du dispositif d'expérimentation :

Le dispositif expérimental adopté au cours de notre expérimentation est un dispositif en blocs aléatoires. Quatre traitements ont été testés (T₀, T₁, T₂, T₃). Chaque traitement a été

réalisé avec 18 répétitions selon deux modalités (avec paillis et sans paillis) pour un ensemble de 72 plants (fig. 6).



Figure 5: Paillis à base de bois et de paille disposé à la base des plants de tomate sous serre (original 2021).

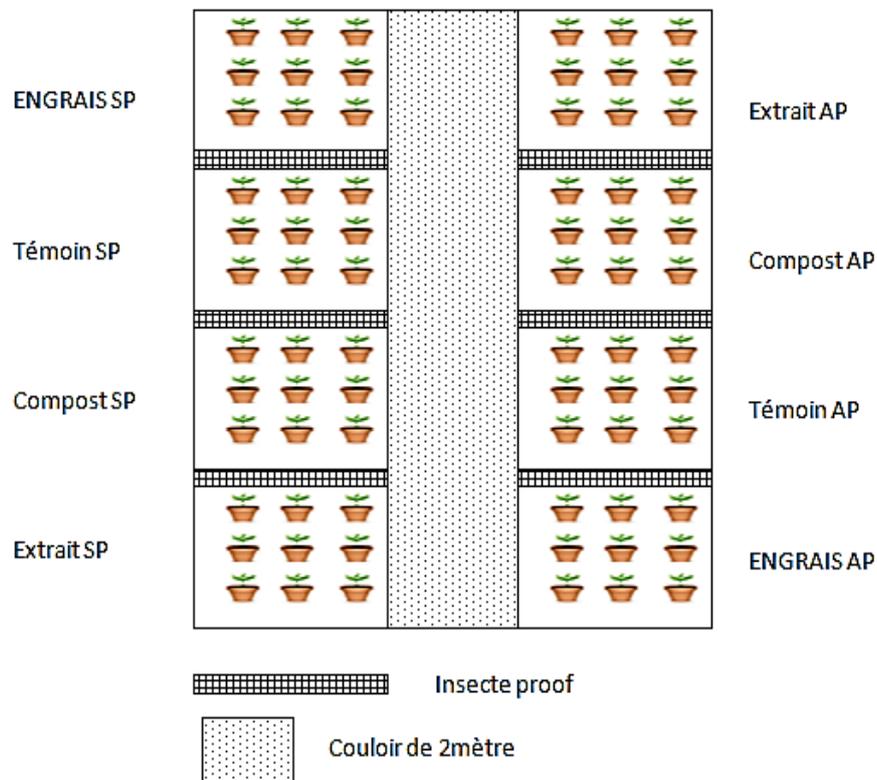


Figure 6 : Dispositif expérimental utilisé.

I.4.1.1. Stérilisation du sol :

Cette opération a pour but de tuer ou d'affaiblir la vitalité des agents pathogènes, des parasites dans le sol, tels que les microorganismes telluriques, les vers, les insectes et les graines de mauvaises herbes.



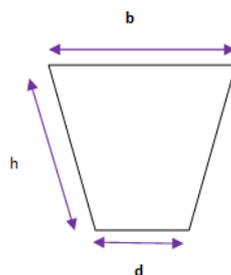
Figure 6: Les principales étapes pour la stérilisation du sol

A l'aide d'un tamis, nous filtrons le sol. Nous attendons que l'eau bouille, ensuite, nous mettons le sol à évaporer pendant 30min. Après ce temps écoulé, on laisse le sol refroidir.

I.4.1.2. Application des traitements en pots:

Les traitements sont administrés avant le repiquage des plants de tomate. Nous avons consacré 9 pots par traitement (T_0 : Témoin, T_1 : Engrais minéraux, T_2 : Extrait d'algues, T_4 : Compost). Pour calculer les doses de chaque fertilisant testé, nous avons réalisé les calculs suivants.

Volume occupé du pot :



$$V = \frac{\pi h}{3} (d^2 + db + b^2)$$

-Rapport volume / surface totale : $3,16 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$; $d=13\text{cm}$, $b=18\text{cm}$, $h=15\text{cm}$

-Volume du tronc du cône : $9\,487,61 \text{ cm}^3$

-Surface totale du tronc de cône : $2\,827,43 \text{ cm}^2$

T₀ : irrigation par l'eau seulement 0.5litre/pot sur la surface.

T₁ : NPK et Urée 46%: Ils sont principalement utilisés lorsque des quantités plus élevées sont appliquées $1,5 - 1,75 \text{ kg/m}^3$ pour $\frac{3}{4}$ de volume donc la dose c'est $\approx 5\text{g /pot}$.

T₂ : Selon l'Index des Produits Phytosanitaires à Usage Agricole, la dose utilisée par Fertigation du produit Dalgin à 100% est de 3-5 L/Ha, donc il a été préparé par dilution à 4ml/L,

L'ensemble des pots consiste en un volume de 9 Litres. L'application se fait par irrigation de solution 40ml dans 9L.

T₃ : Compost pour 100g / pot.

Tableau 2: Dates d'application des traitements en fertilisants.

Date	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
12/04	0.5L/pot	5g NPK/pot	0.5L/pot	100g/pot
02/05	0.5L/pot	5g Urée/pot	0.5L/pot	100g/pot
22/05	0.5L/pot	5g NPK/pot	0.5L/pot	100g/pot
10/06	0.5L/pot	5g Urée/pot	0.5L/pot	100g/pot

Les différents traitements considérant les doses précédemment calculées ont été appliqués 24h dans les pots avant le repiquage des plantules de tomate dont le développement était à 7-8 feuilles. L'application des traitements a été faite le 12 avril 2021. Chaque apport est réalisé une fois par 20 jours à raison de quatre répétitions.

I.4.1.3. Repiquage des plants en pots:

Dans chaque pot, on creuse un trou d'une profondeur de 6cm. On dispose une plantule dans chaque trou 24h après l'application des traitements. Le repiquage a été effectué le 13 avril 2021 au niveau de la serre en polycarbonate. L'irrigation est réalisée à raison de 0.5L/pot une fois tous les deux jours selon le besoin des plantules.



Figure 7: Repiquage des plants de tomate en pots après incorporation des traitements en fertilisants.

I.4.1.4. Préparation de la serre Tunnel et mise en place des pots:

Le dispositif expérimental de cette étude est réalisé à l'intérieur d'une serre Tunnel d'une longueur de 14/8 mètres de largeur et recouverte d'un bâche en plastique de couleur jaune. La préparation de la serre se fait le 18-19 avril 2021.

Le sol a été labouré au préalable pour se débarrasser des résidus des cultures précédentes et des mauvaises herbes. Cette opération a nécessité un arrosage abondant afin de ramollir le sol et faciliter le labour et le discage des mottes de terre.

Sur un terrain plat, nous étalons un paillage de plastique noir de 9 mètres de long et de 8 mètres de large en laissant 2 mètres entre la porte de la serre et la première rangée des blocs de traitement.



Figure 9 : Niveaux d'aération de la serre

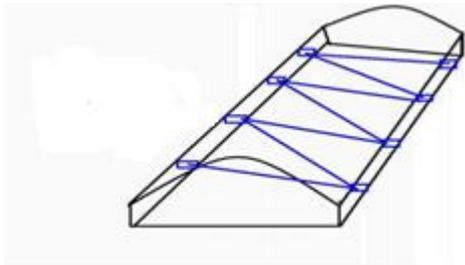


Figure 8: Serre tunnel utilisée pour le dispositif expérimental



Figure 9: Séparation des blocs de traitement par un filet en mailles fine, de couleur verte.

Nous avons séparé les blocs de traitements les uns des autres par un filet vert de 2,5 m de long et 2 m de large, de sorte qu'il y ait un espace entre les blocs de 1,5 mètre. Le dispositif expérimental est partagé en deux parties séparées par un couloir de 2 mètres de large.

Chaque bloc contient 9 pots, l'espace entre les pots étant de 50 cm.

La mise en place des pots de plants de tomate dans la serre a été faite le 20 avril 2021.

I.4.2. Suivi des captures des arthropodes ravageurs et auxiliaires durant la période d'échantillonnage:

Nous avons utilisé deux plaques engluées (l'une de couleur jaune, l'autre de couleur bleu) au niveau de chaque bloc de traitement comprenant les 9 plants de tomate en pots. Les pièges colorés sont attachés à l'aide d'une ficelle, à une hauteur de 50 cm au centre de chaque bloc (fig. 12). Des assiettes jaunes en plastique de 15 cm de diamètre, contenant de l'eau

savonneuse ont été placées également au niveau du sol au centre pour capturer les arthropodes (fig. 13).



Figure 10: Méthode d'utilisation des plaques jaunes et bleues engluées pour le piégeage des arthropodes



Figure 13: Assiette jaune à eau pour le piégeage des arthropodes

Pour chacun des blocs de traitement, les captures par les plaques engluées sont comptabilisées sur les deux faces du piège, chaque face ayant été utilisée durant une semaine tandis que l'autre face a été maintenue recouverte par un papier adhésif.

Les captures des arthropodes à l'aide des assiettes jaunes à eau ont été faites comme suit :

- Remplir l'assiette avec de l'eau et quelques gouttes de liquide vaisselle dont le rôle est d'empêcher les insectes de flotter.
- Récolter le contenu des assiettes au moins une fois par semaine.
- Filtrer les insectes et les laisser sécher pour une identification plus facile.
- Changer l'eau régulièrement et nettoyer le fond de l'assiette.

I.4.3. Observation des captures de l'entomofaune au laboratoire

Au niveau du laboratoire de zoologie- Département des Biotechnologie, les taxons ont été déterminés à l'aide de clés d'identification taxonomique appropriées jusqu'au niveau spécifique pour certaines espèces caractéristiques de ravageurs ou d'ennemis naturels.

Majoritairement, les identifications sont faites au niveau de la famille systématique.

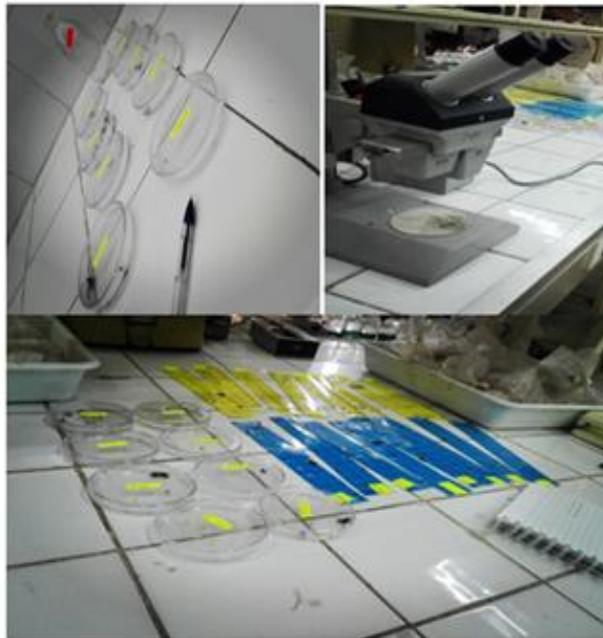


Figure 11: Méthode d'observation des captures par les pièges colorés au laboratoire.

I.5. Analyses des données :

I.5.1. Paramètres étudiés :

I.5.1.1. Croissance et production des plants de tomate

Le suivi mensuel du développement et de la production des plants de tomate en pots a porté respectivement sur les mesures de la hauteur des plants, le nombre de fleurs et le nombre de fruits durant la période qui s'est étalée du 21/04/2021(T1), 03/05/2021 (T2) au 13/06/2021 (T3). Pour les deux modalités (plants avec paillis AP et plants sans paillis SP) et au niveau de chaque bloc de traitement : le témoin non fertilisé (Témoin), l'engrais conventionnel (NPK), l'extrait d'algues (EA), et le fertilisant à base de compost (COM), nous avons considéré les mesures (ou comptages) pour chacun des 9 plants en pots. Les moyennes sont calculées et indiquées sous forme de graphes établis à l'aide du logiciel Excel. Les variations temporelles des hauteurs (cm), des nombres de fleurs et de fruits sont données pour les deux modalités.

I.5.1.2. Suivi des abondances en ravageurs et auxiliaires capturés

Les différents pièges colorés observés sous la loupe binoculaire ont permis de dénombrer sur les deux faces les taxons d'arthropodes (insectes et Aranea) capturés à chaque date d'échantillonnage et dans chaque bloc de traitement testé. Des moyennes d'abondance de tous les taxons inventoriés ont été calculées et comparées pour les deux catégories de taxons ayant le statut trophique de ravageur ou d'auxiliaire. Les espèces de ravageurs et d'auxiliaires les plus abondantes et disponibles durant toute la durée de l'échantillonnage ont été prises en considération. Par exemple, les Aleyrodidae, Cicadoidea, Aphididae et Thrips chez les ravageurs et leurs prédateurs et parasitoïdes respectifs.

III.5.2. Analyses uni variées

Pour les deux aspects étudiés dans ce travail, nous avons utilisé une ANOVA (Analyse de variance, SYSTAT vers. 12, XLSTAT 2021) pour la comparaison des moyennes des variables mesurées ou dénombrées (hauteur, nombre de fleurs et nombre de fruits) sous l'effet des facteurs temps, absence ou présence de paillis et fertilisant testé en comparaison avec les témoins (sans fertilisant et engrais NPK). L'ANOVA avec les interactions entre facteurs a été considéré ainsi que les comparaisons par paires au seuil de significativité $\alpha = 0,05$ en utilisant le test post hoc de Tukey HSD.

Résultats & Discussion

Les résultats auxquels nous avons abouti dans cette étude durant une période de 3 mois ont concerné deux volets.

Au niveau du premier volet, l'effet d'un seul apport des fertilisants organiques (compost et extrait d'algues) est comparé à celui d'un engrais conventionnel (NPK) et d'un témoin non fertilisé sur la croissance et la production des plantes de la tomate 'Cerise'.

Au niveau du second volet, nous avons abordé un suivi des abondances de l'arthropodocénose évoluant sur les plants de tomate sous l'effet des différents apports en fertilisants, afin d'entrevoir des réponses comparatives.

VI.1. Contraintes expérimentales rencontrées

VI.1.1. Dose de l'engrais NPK

La dose de l'engrais NPK utilisée initialement, à savoir 100g par pot a entraîné un flétrissement sévère des plants (fig. 1) dans tous les blocs de traitement. Par la suite, l'apport a été réduit à 5g par pot, ce qui a permis un meilleur suivi comparé du développement des plants de tomate avec celui des autres apports.



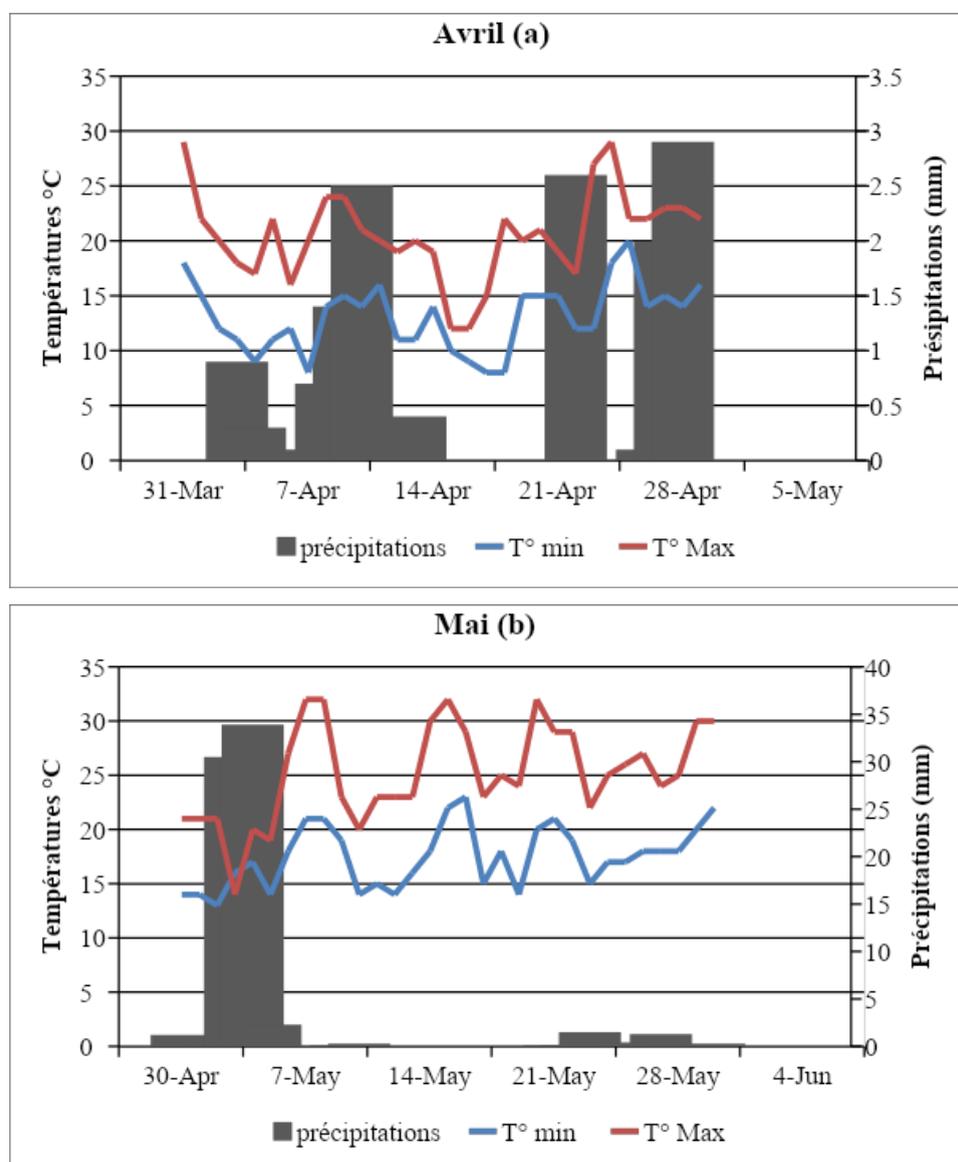
Figure 2.1: Flétrissement des plants de tomate après l'apport d'une dose élevée d'engrais NPK.

VI.1.2. Conditions climatiques

Notre expérimentation a duré 83 jours du 12 avril au 30 juin 2021. Les conditions météorologiques particulièrement les données des températures et de la pluviométrie durant cette période se traduisent par une variabilité mensuelle et journalière (fig.2.2 a, b et c).

Nous avons étudié le climat car la chaleur est un facteur important pour fournir tous les besoins appropriés à la croissance des plantes à l'intérieur de la serre. La chaleur se transmet par rayonnement, transmission, contact, perméation ou fuite.

Les serres obtiennent de la chaleur pendant la journée grâce aux rayons solaires puis elle transférée par conduction à travers un milieu de conduction des points chauds aux points moins chauds, ou bien d'une surface radiante à l'air ou à l'eau en mouvement, de sorte que la température du milieu en contact avec l'eau ou l'air augmente.



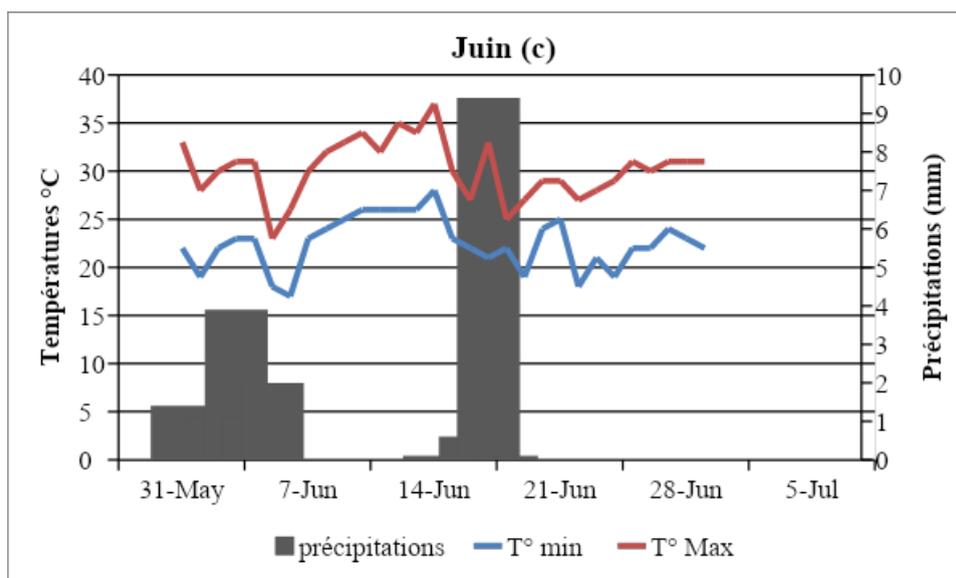


Figure 2.2. Variation des données climatiques journalières des mois d'avril, mai et juin au niveau de la région de Soumâa.

VI.2. Effet des biofertilisants étudiés sur la croissance et la production des plants:

La croissance des plantes a été marquée par trois phases: une phase stationnaire après 8 jours après repiquage, une phase intermédiaire à partir de 20 jours après le repiquage et une phase de croissance 45 jours après le repiquage.

Des observations quotidiennes du développement des plants de tomate ont permis de constater une différence de développement marquée d'une part entre les modalités (avec/sans paillis) et d'autre part avec les témoins non fertilisés (fig. 2.3). Notons que les plants ayant reçu l'apport en engrais NPK ont subi un flétrissement suivi d'un dessèchement qui a été surtout accentué par l'effet des températures élevées sous serre et à l'extérieur de la serre plus particulièrement durant la mi mai (fig. 2.1)



Figure 2.3: Aspect général des plants de tomate dans les modalités avec (AP) et sans paillis (SP) (Ext : extrait d'algues, T : témoin).

VI.2.1.Effet sur la hauteur des plants:

La figure 2.4 montre la variabilité des hauteurs des plants de tomate selon les différents apports en fertilisants et les modalités sans/avec paillis aux trois dates d'observation du 21 avril (T1), 3 mai (T2) au 13 juin (T3).

D'après nos observations, l'évolution des hauteurs des plants jusqu'au 3 mai ne montre pas de variabilité importante quelque soit le type de fertilisant et le témoin non fertilisé. Au 13 juin, on remarque néanmoins que la croissance en hauteur des plants est nettement plus importante surtout sous l'effet du 'Dalgin'.

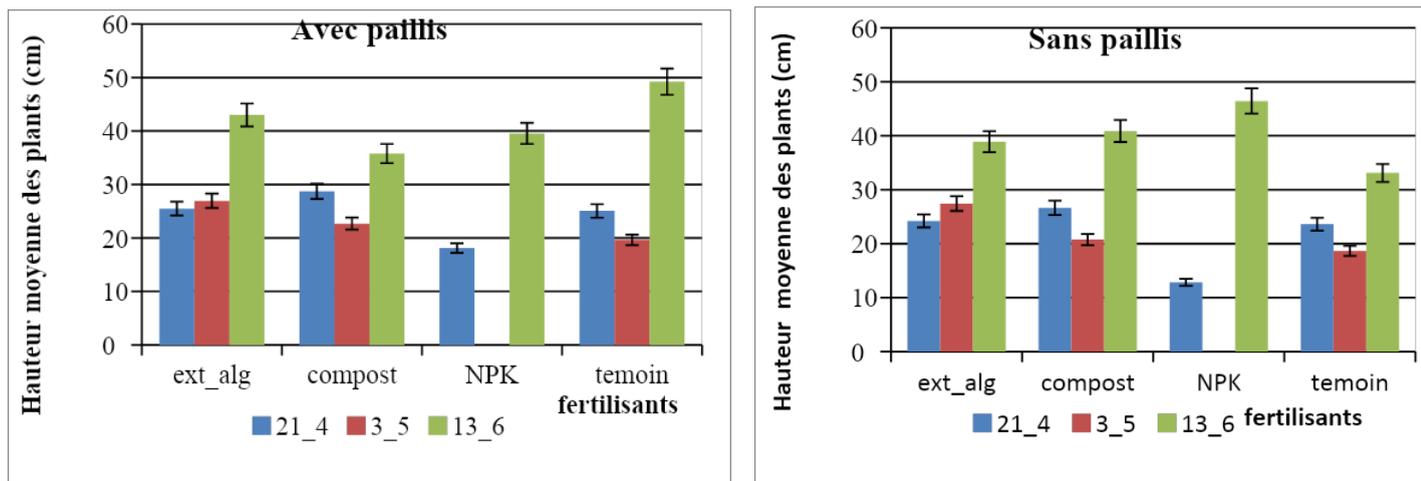


Figure 2.4 : Variation de la hauteur moyenne des plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.

Les moyennes des hauteurs des plants de tomate ont été analysés à travers une analyse de la variance pour tester les effets des facteurs type de fertilisant, temps et modalité paillis (fig. 2.5).

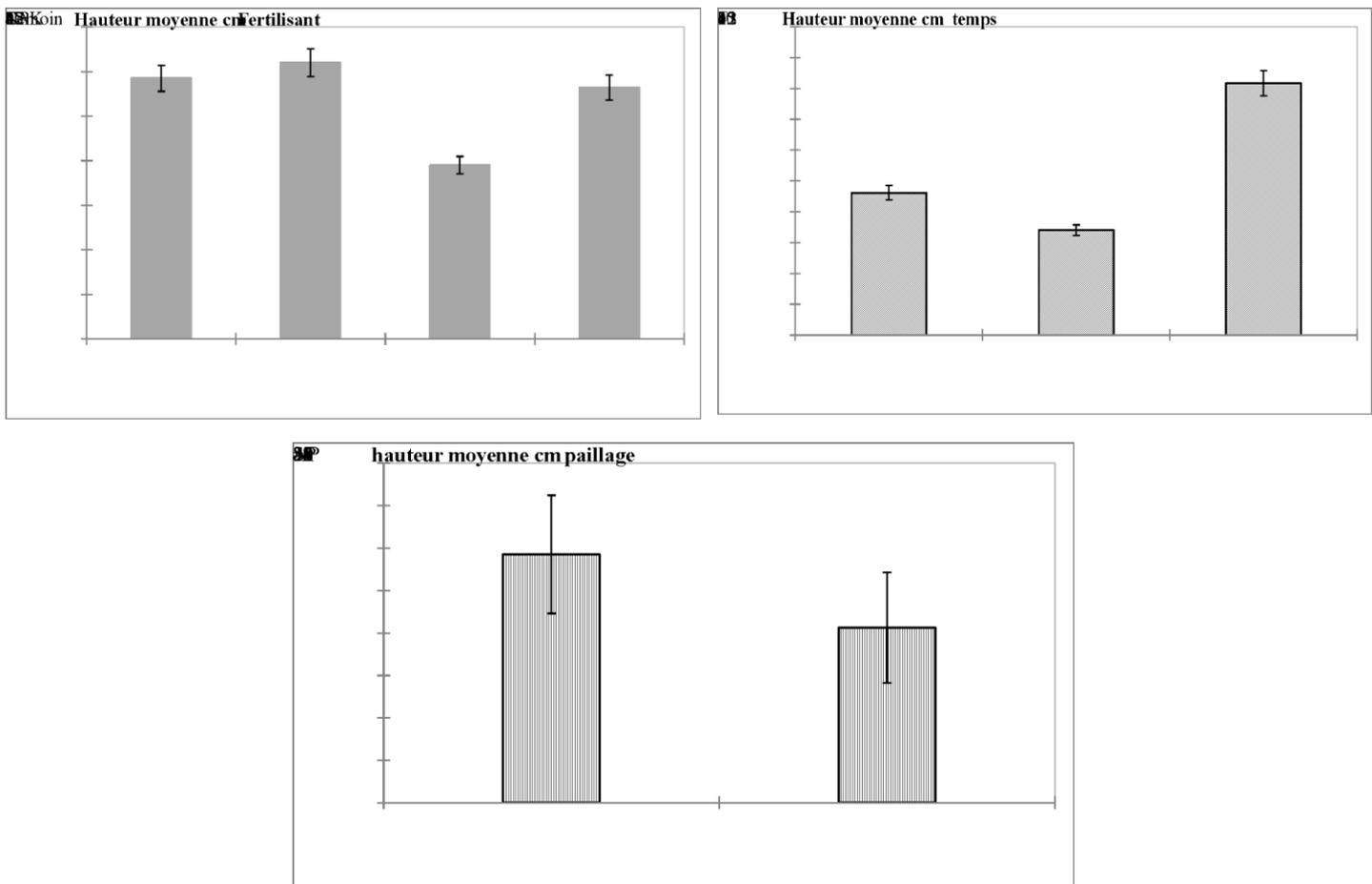


Figure 2.5: Moyennes + SEM des hauteurs (cm) selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.

La croissance en hauteur des plants de tomate en pots est plus élevée avec l'extrait d'algues par rapport à celle observée avec le compost et chez le témoin, devant la croissance des plants notée avec l'engrais NPK ($p < 0,001$, tab 2.1).

Tableau 2.1: Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes des hauteurs des plants de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12).

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
Engrais	4 261,878	3	1 420,626	11,924	0,000***

Résultats et discussion

TempsPaillis	22 106,330	2	11 053,165	92,777	0,000***
Engrais*Temps	161,374	1	161,374	1,355	0,246 ns
Engrais*Paillis	5 004,035	6	834,006	7,000	0,000***
Temps*Paillis	395,958	3	131,986	1,108	0,347 ns
Engrais*Temps*	35,851	2	17,926	0,150	0,860 ns
PaillisErreur	1 166,297	6	194,383	1,632	0,140 ns
	22 874,382	192	119,137		

Par ailleurs, les hauteurs des plants au temps T3 (13 juin) se distinguent nettement de celles observées respectivement à T1 et T2 et sont significativement différentes ($p < 0,001$, tab. 2.1).

Les plants sous paillis avaient une hauteur moyenne supérieure à ceux des plants sans paillis mais les différences ne sont pas significatives (tab. 2.1, $p = 0,246$).

Il ressort de ce qui précède une interaction engrais x temps très hautement significative ($p < 0,001$, tab. 2.1). En revanche, l'ANOVA n'a pas mis en évidence des interactions significatives entre les autres facteurs.

VI.2.2.Effet sur le nombre de fleurs

La variation du nombre de fleurs produits par les plants de tomate fertilisés en pots en modalité paillis et sans paillis est représentée sur la figure 2.6.

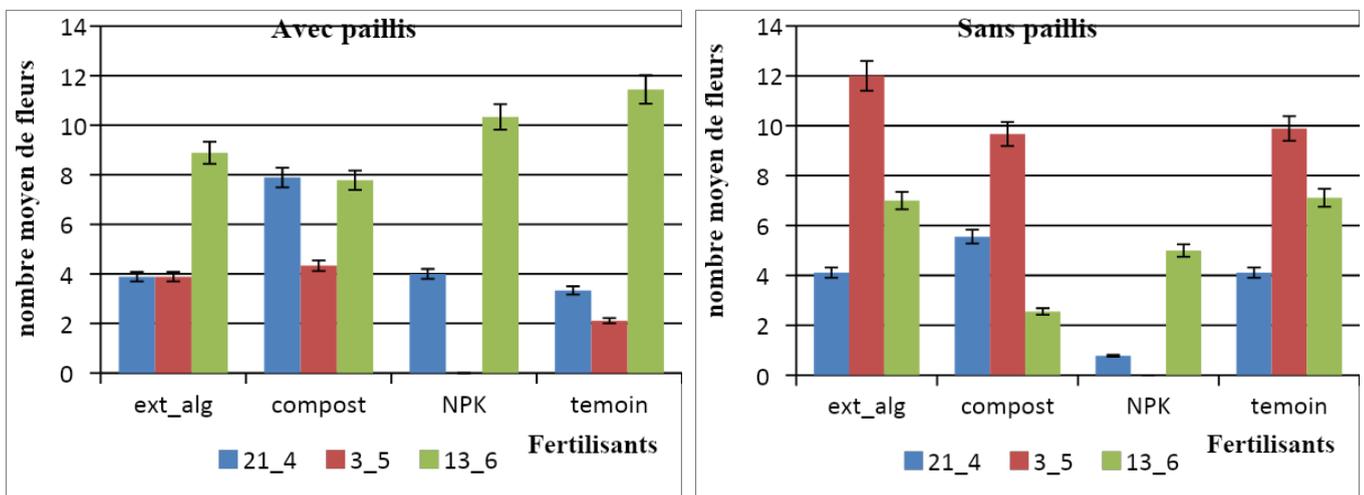


Figure 2.6. Variation du nombre moyen de fleurs produites par les plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.

On peut constater un effet net de la production florale dans la modalité sans paillis d'une part (fig. 2.6) notamment avec l'extrait d'algues 'Dalgin'. D'autre part, il y a une variabilité du

nombre moyen de fleurs produites par plant selon le temps d'observation quelque soit la modalité et le fertilisant.

Dans la modalité avec paillis, le nombre moyens de fleurs de la tomate est plus élevé avec l'effet du NPK suivi de celui de l'extrait d'algues et celui du compost durant la mi juin. Par contre dans la modalité sans paillis, le nombre de fleurs a atteint 12 fleurs par plant, 9,6 fleurs et 9,8 fleurs respectivement avec l'extrait d'algues, le compost et enfin le témoin non fertilisé, au début du mois de mai (fig. 2.6).

Les graphes des moyennes du nombre de fleurs produites par les plants de tomate dans les différents blocs de traitement sont indiqués au niveau de la figure 2.7.

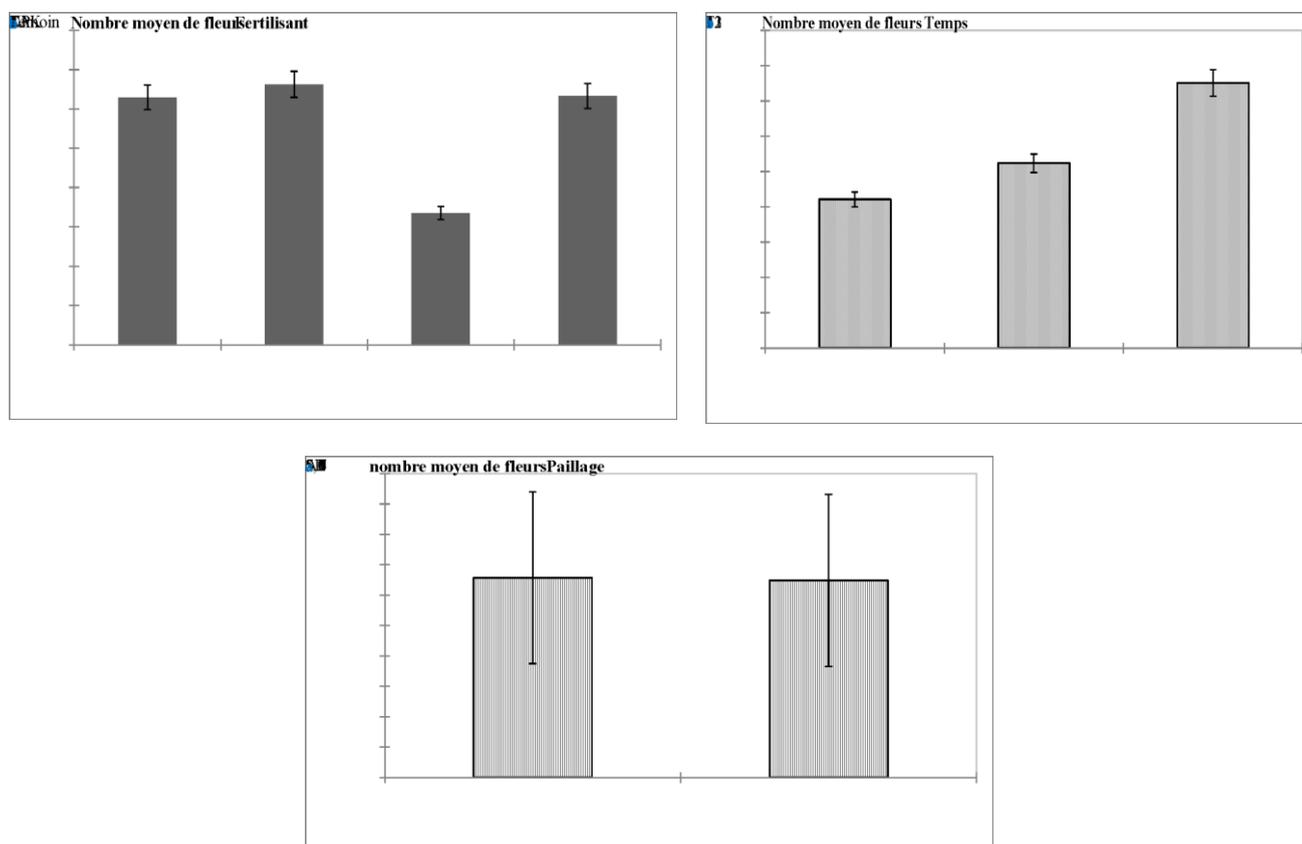


Figure 2.7: Moyennes + SEM du nombre de fleurs produites par les plants de tomate en pots selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.

Le nombre moyen de fleurs produites semble similaire dans tous les traitements en fertilisant sauf pour l'engrais conventionnel qui est beaucoup plus faible ($p=0,001$, tab. 2.2). De plus, au temps T3 (13 juin), les moyennes sont plus élevées en comparaison avec celles observées en avril et début mai ($p<0,001$, tab. 2.2), que ce soit pour les plants paillés ou non ($p=0,98$,

tab. 2.2, fig. 2.7). Les interactions engrais x temps, engrais x paillis et temps x paillis sont significativement différentes (tab. 2.2).

Tableau 2.2.: Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes du nombre de fleurs par plant de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12).

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value	Engrais	384,792 3
	128,264	6,157		0,001**			
Temps	412,111	2	206,056	9,891	0,000***		
Paillis	0,005	1	0,005	0,000	0,988ns		
Engrais*Temps	644,556	6	107,426	5,157	0,000***		
Engrais*Paillis	206,236	3	68,745	3,300	0,022*		
Temps*Paillis	846,704	2	423,352	20,322	0,000***		
Engrais*Temps*Paillis	68,778	6	11,463	0,550	0,769ns		
Erreur	3 999,778	192	20,832				

VI.2.3.Effet sur le nombre de fruits

Nous avons présenté dans la figure 2.8 l'évolution du nombre moyen de fruits par plant de tomate selon les modalités présence/absence de paillis dans les différents traitements en fertilisants et les plants non fertilisés. Les graphes des moyennes du nombre de fruits par plant sont donnés dans la figure 2.9.

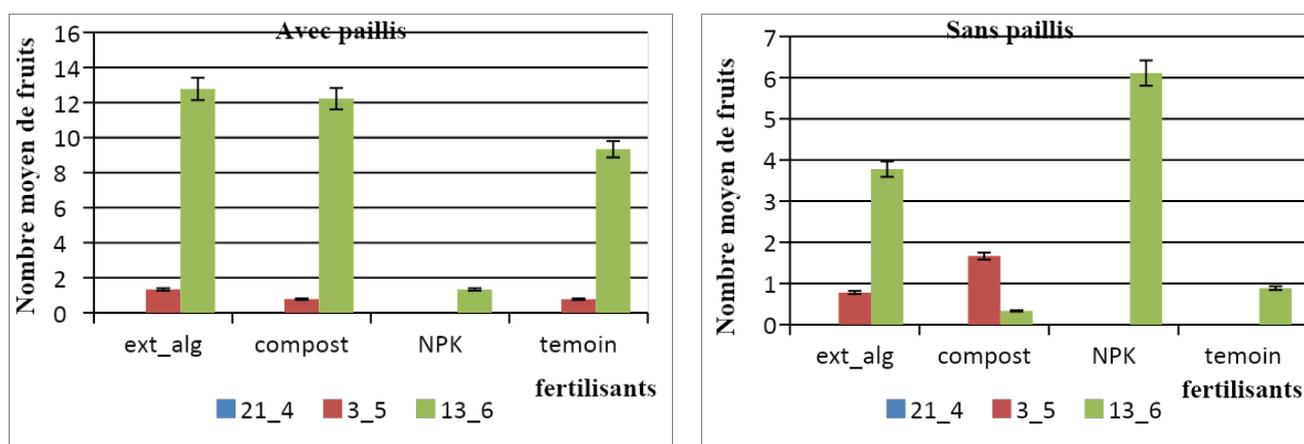


Figure 2.8. Variation du nombre moyen de fruits produits par les plants de tomate fertilisés et non fertilisés selon la présence ou l'absence du paillis.

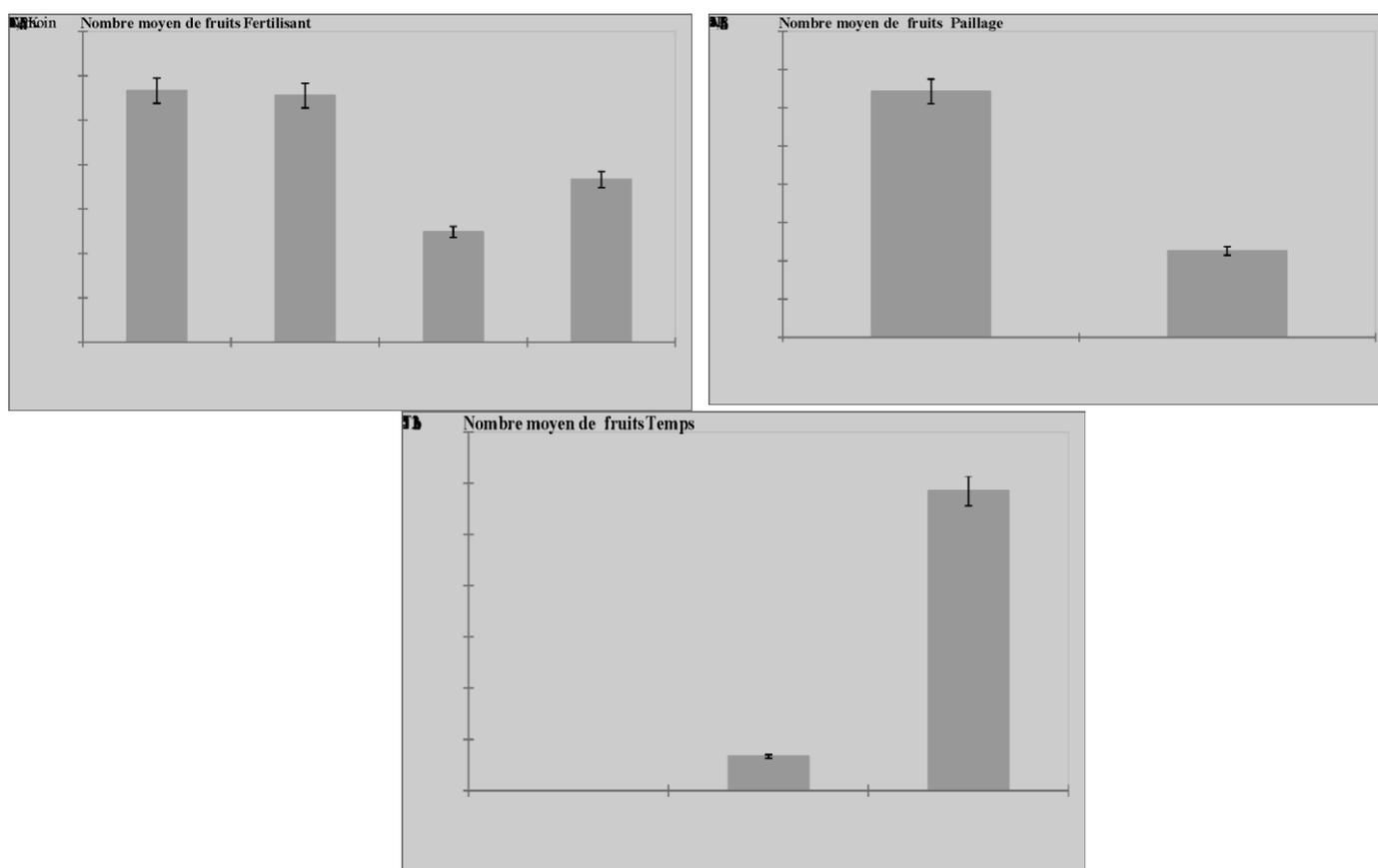


Figure 2.9: Moyennes + SEM du nombre de fruits produits par les plants de tomate en pots selon les facteurs fertilisant, temps et paillis.

D'après les figures 2.8 et 2.9, comme pour les moyennes du nombre de fleurs produites, le nombre moyen de fruits par plant est très différent entre les plants fertilisés avec l'extrait d'algues, le compost, le témoin non fertilisé avec les plants fertilisés avec l'engrais conventionnel qui comptaient beaucoup moins de fruits mais la différence n'est pas significative ($p=0,09$, tab. 2.3). Pour ce paramètre de production, nous constatons un effet temps et un effet paillis avec des interactions significativement différentes (tab. 2.3).

Tableau 2.3. Résultats de L'ANOVA de la comparaison des moyennes du nombre de fruits par plant de tomate selon les facteurs engrais, temps et paillis (Systat, vers. 12).

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value	Engrais
	32,153	2,121	0,099	ns		96,458 3
Temps	1 475,343	2	737,671	48,653	0,000***	
Paillis	234,375	1	234,375	15,458	0,000***	
Engrais*Temps	85,917	6	14,319	0,944	0,464	ns

Engrais*Paillis	266,569	3	88,856	5,860	0,001***
Temps*Paillis	444,194	2	222,097	14,648	0,000***
Engrais*Temps*Paillis	574,694	6	95,782	6,317	0,000***
Erreur	2 911,111	192	15,162		

VI.2.4.Synthèse des comparaisons multiples par paires de l'effet des fertilisants sur la croissance et la production des plants de tomate en pots

L'effet comparé des facteurs étudiés (fertilisant, temps et paillis) sur les variables dépendantes hauteur des plants de tomate, le nombre de fleurs et le nombre de fruits par plant est synthétisé dans les tableaux 2.4 a, b et c.

Les résultats obtenus sur l'évolution de la croissance et de la production des plants de tomate en pots sous serre durant la période de développement de la plante du 21 avril au 13 juin 2021, montrent un effet très distinct du produit à base d'extrait d'algues 'Dalgin' sur la hauteur des plants, le nombre de fleurs et le nombre de fruits produits. Les moyennes respectives des hauteurs des plants varient de 31 cm (EA) à 29,24 cm et 28,22 cm (C et T) et seulement 19,49 cm (NPK). Le nombre moyen de fleurs produites par plant paraît similaire par rapport au témoin sauf pour les plants fertilisés avec l'engrais NPK qui n'ont produit que 3,35 fleurs en moyenne (tab.2. 4a). L'effet du compost est légèrement faible en comparaison à celui de l'extrait d'algues. L'effet du NPK est contrasté notamment sur la production des fruits.

Tableau 2.4 : Variation de la croissance et la production des plants de tomate en serre en relation avec le type de fertilisant et la modalité paillis.

Facteur Fertilisant (a) cm	Nombre fleurs	Nombre fruits	Hauteur
EA	6,630 a	2,778 a	31,000 a
C	6,296 a	2,833 a	29,246 a
Témoin	6,333 a	1,833 a	28,220 a
NPK	3,352 b	1,241 a	19,491 b
Pr > F(Modèle)	0,000	<0,0001	<0,0001

Facteur Temps (b)	Nombre fleurs	Nombre fruits	Hauteur (cm)
T3 (21/4/21)	7,514 a	5,847 a	40,861 a
T2 (3/5/21)	5,236 b	0,667 b	17,021 c
T1 (13/6/21)	4,208 b	0,000 b	23,086 b
Pr > F(Modèle)	0,000	<0,0001	<0,0001

Facteur Paillis (c)	Nombre fleurs	Nombre fruits	Hauteur (cm)
AP (avec paillis)	5,657 a	3,213 a	27,854 a
SP (sans paillis)	5,648 a	1,130 b	26,125 a
Pr > F(Modèle)	0,000	<0,0001	<0,0001

Les valeurs des paramètres de croissance et de production augmentent au temps T3 (13/6/21). Ainsi, les hauteurs varient de 23,08 cm enregistrés en T1 (21/4/21), à 40,86 cm en T3 (tab. 4.2b). De même, le nombre de fleurs augmentent de 4,2 fleurs en avril à 7,5 fleurs vers la mi juin. L'effet paillis est remarqué seulement pour le nombre de fruits lequel est plus élevé dans la modalité avec paillis (3,2 fruits/plant) en comparaison avec la modalité sans paillis (1,13 fruits/plant (tab. 4.2 c).

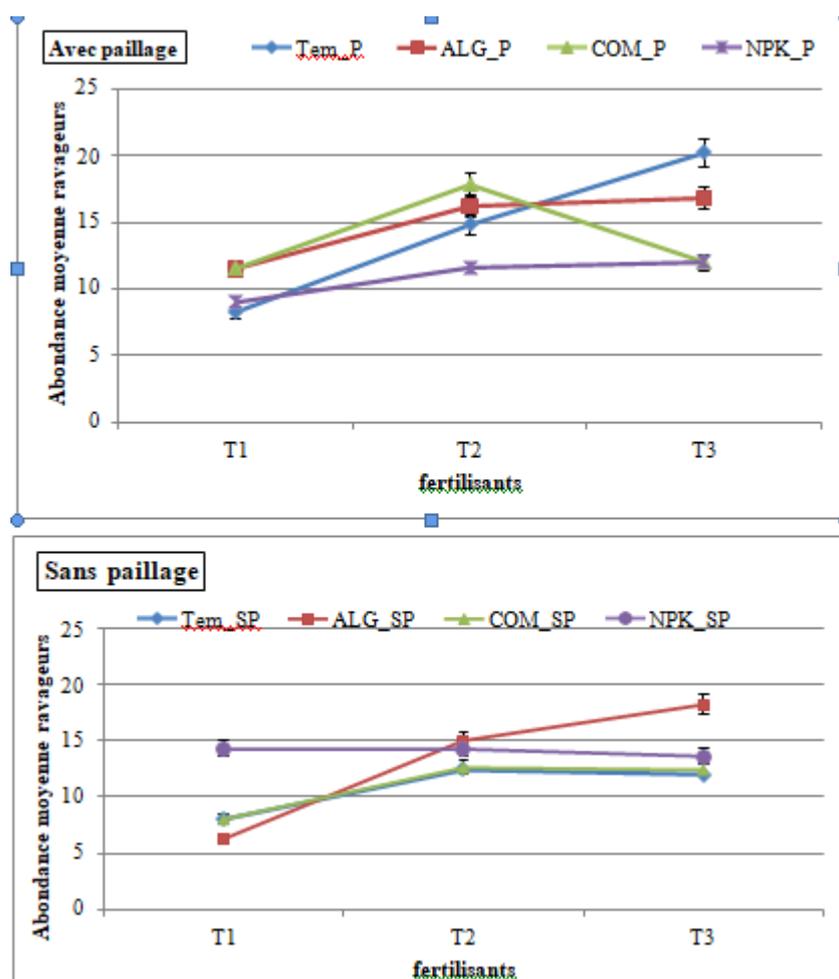
VI.3.Effet des biofertilisants étudiés sur les abondances des arthropodes ravageurs et auxiliaires

VI.3.1.Effet sur les ravageurs

Les résultats de l'évolution des captures des espèces à statut nuisible rencontrés au niveau des blocs de traitements en fertilisants en comparaison avec le témoin non fertilisé sont présentés dans la figure 2.10.

L'abondance totale des populations de phytophages évolue vers l'augmentation dans tous les cas que ce soit au niveau des plants fertilisés ou non. En présence de paillis, le nombre moyen des phytophages diminue de T2 à T3 pour l'extrait d'algues mais il augmente sous l'effet du compost dans le même temps. Dans la modalité sans paillis, on remarque une stabilité des abondances à la fin de l'expérimentation sauf pour l'effet de l'extrait d'algue qui se caractérise par une augmentation des abondances (fig. 2.10).

Figure 2.10. Variation temporelle de l'abondance totale des populations de ravageurs capturés par les plaques englués selon les modalités paillis en serre.



Les résultats de l'ANOVA indiquent un effet du paillis ($p=0,04$, tab. 2.5 et fig. 2.11) mais pas d'effet du fertilisant ($p=0,33$) bien que les phytophages sont plus abondants dans le bloc de traitement à base d'extrait d'algues vs témoin que celui ayant reçu l'apport du compost.

Les captures de l'entomofaune des phytophages se caractérisent par une dominance marquée des thrips devant les aphides, les aleurodes et les cicadoidea ($p<1\%$, tab. 2.5).

Tableau 2. 5. Résultats de l'ANOVA relatifs à l'effet des facteurs étudiés sur les moyennes d'abondance des ravageurs capturés.

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
PAILLAGE	77,087	1	77,087	4,299	0,049
RAVAGEURS	8 982,917	3	2 994,306	166,974	0,000
FERTILISANTS	63,833	3	21,278	1,187	0,336
Erreur	430,385	24	17,933		

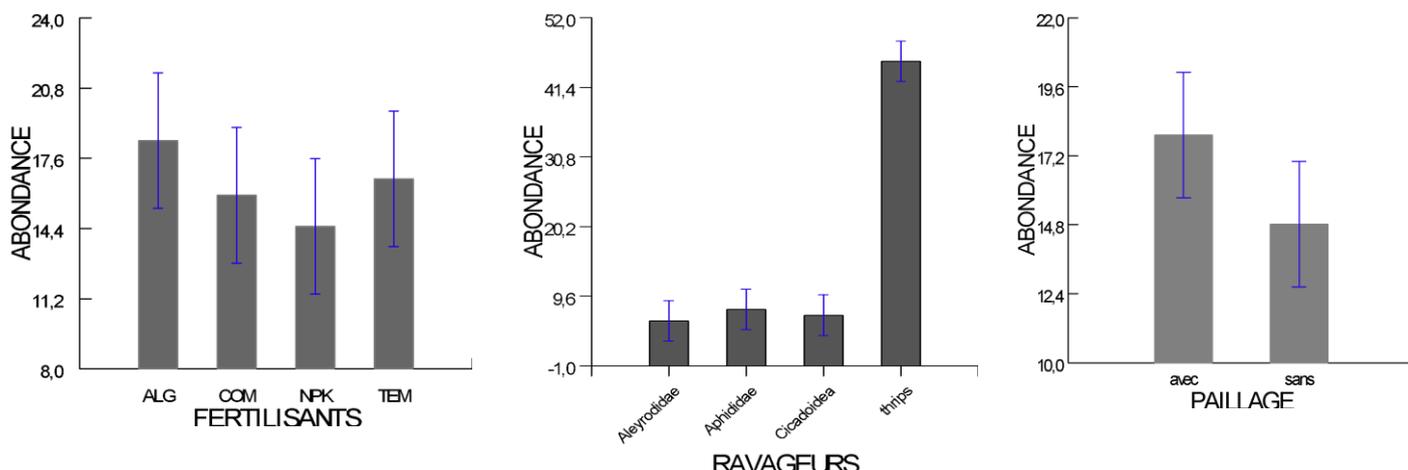


Figure 2.11. Comparaison des moyennes d'abondance des ravageurs sous serre.

On peut différencier la prépondérance des catégories de phytophages selon le traitement en fertilisant dans le temps.

-Les thrips sont les plus abondants en effectifs. Leur nombre augmente dans le temps au fur et à mesure du développement des plants de tomate. En présence du paillis (AP), l'effectif des thrips était supérieur dans les traitements en fertilisants par rapport aux témoins avec des valeurs moyennes respectives oscillant entre 45,6 individus (NPK), 45,3 (compost), 49 (EA) et 38 (témoin). En l'absence de paillis, les moyennes d'effectifs des thrips (témoin, EA et

Compost) étaient supérieures à celles observées sous l'effet de l'engrais NPK (fig. 2.12).

-La catégorie des thrips est suivie en termes d'abondance par les Aphididae dont le nombre moyen est plus élevé au niveau du bloc de traitement à base de l'extrait d'algues (11,6 et 11,3 pucerons respectivement dans la modalité sans paillis et avec paillis) en comparaison aussi bien avec le témoin que les autres fertilisants (compost et NPK) (fig. 2.12).

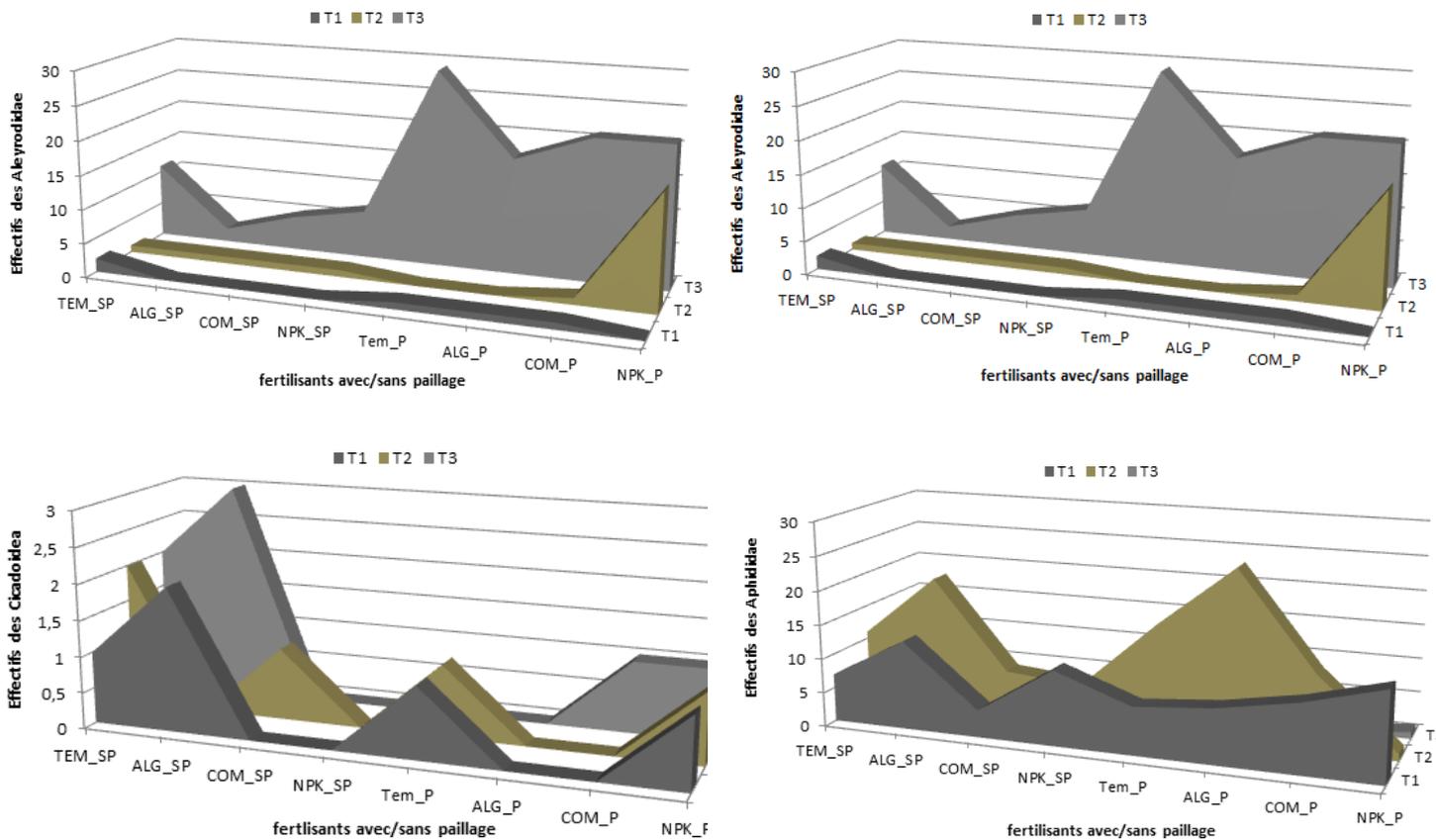


Figure 2.12. Variation temporelle des effectifs des phytophages les plus représentés dans les différents traitements en fertilisants.

-Les aleurodes ont été capturés plus particulièrement avec le NPK (12,6 individus en moyenne) et chez le témoin (10 individus en moyenne) avec paillis. Par contre, les abondances moyennes de cette catégorie de phytophages reste très faible quelque soit le fertilisant selon la modalité sans paillis (fig. 2.12).

- Les cicadoïdea sont présents mais à des effectifs négligeables compris entre 0,3 et 1 individus en moyenne.

VI.3.2.Effet sur les auxiliaires

Les résultats de l'évolution des captures de l'entomofaune bénéfique rencontrée au niveau des blocs de traitements en fertilisants en comparaison avec le témoin non fertilisé sont présentés dans la figure 2.13.

Bien que la moyenne des effectifs soit très faible, on peut voir que l'effectif moyen en auxiliaires capturés en serre a augmenté seulement dans le bloc de traitement sous l'effet du fertilisant à base d'extrait d'algues que ce soit au niveau des plants de tomate avec paillis ou sans paillis (fig. 2.13)

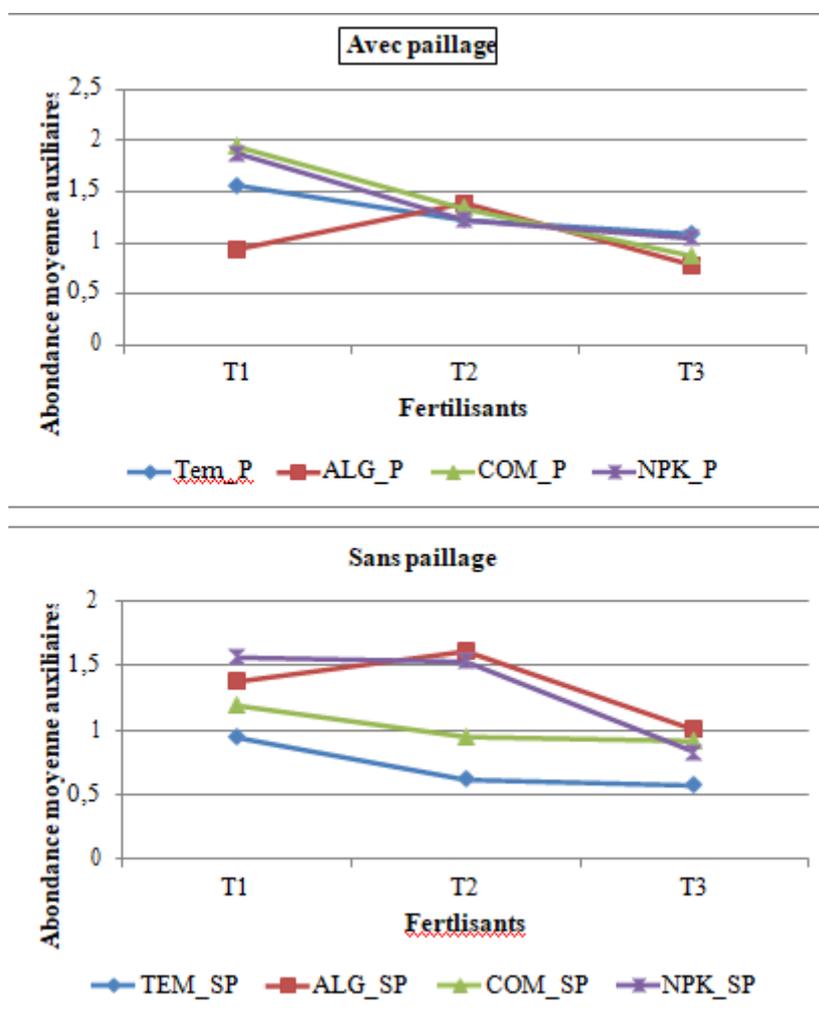


Figure 2.13. Variation temporelle de l'abondance totale des populations des auxiliaires capturés par les plaques englués selon les modalités paillis en serre.

Comme pour les phytophages, l'abondance moyenne de l'entomofaune bénéfique n'a pas été impacté par les fertilisants étudiés malgré une meilleure représentativité sous l'effet de l'extrait d'algues ($p=0,42 > 0,05$, fig. 2.14, tab. 2.6). Néanmoins, nos observations montrent que l'abondance des auxiliaires dans la modalité avec paillis est plus marquée que celles disponible dans la modalité sans paillis ($p=0,04$, fig. 2.14, tab. 2.6). Enfin, l'abondance notée de la catégorie des taxons de prédateurs dépassait celle des parasitoïdes d'après les résultats que nous avons obtenu ($p=0,01$, fig. 2.14, tab. 2.6).

Tableau 2. 6. Résultats de l'ANOVA relatifs à l'effet des facteurs étudiés sur les moyennes d'abondance des auxiliaires capturés.

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
PAILLAGE	8,954	1	8,954	5,005	0,049
AUXILIAIRES	16,825	1	16,825	9,404	0,012
FERTILISANT	5,500	3	1,833	1,025	0,422
Erreur	17,891	10	1,789		

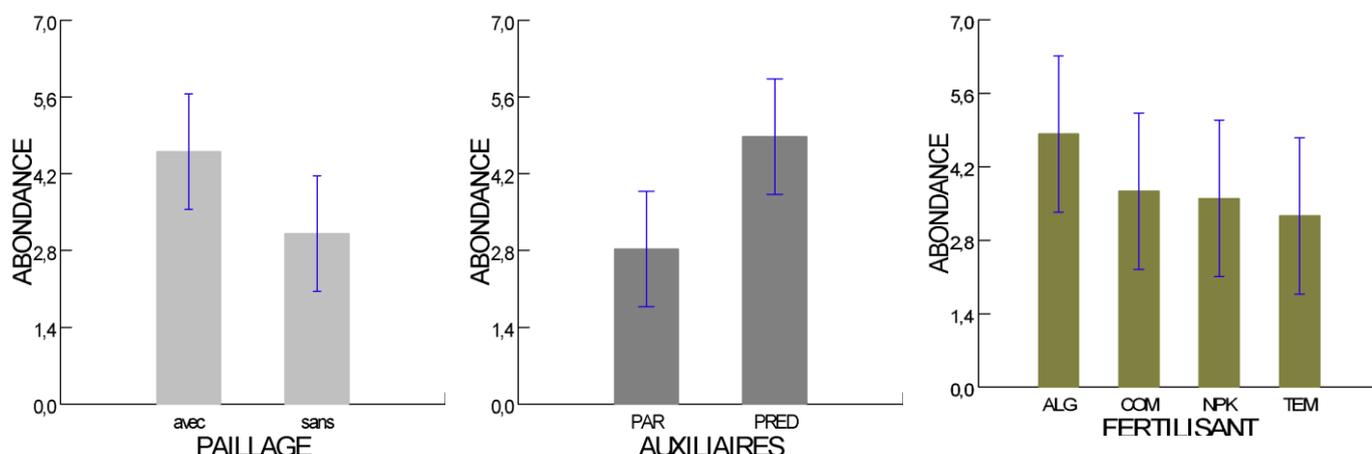


Figure 2.14. Comparaison des moyennes d'abondance des auxiliaires sous serre.

La figure 2.15 indique d'une part que les prédateurs ont été mieux représentés que les parasitoïdes dans notre expérimentation et cela dans les deux modalités. D'autre part, les plants de tomate en pots ayant bénéficié d'un apport en fertilisant à base d'extrait d'algues

semblent avoir attiré beaucoup plus les communautés bénéfiques notamment celles des prédateurs (fig. 2.15).

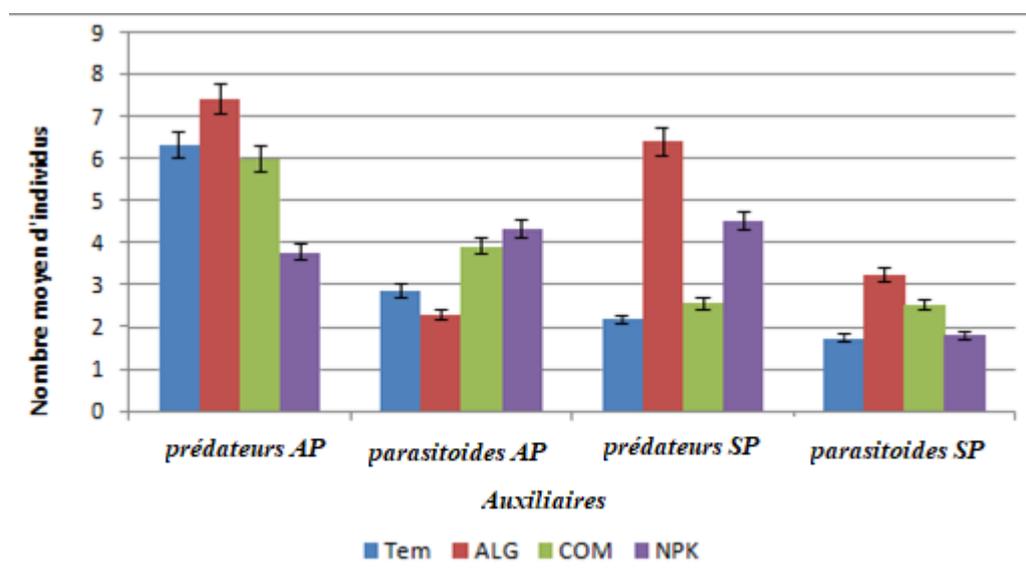


Figure 2.15. Effectifs comparés des prédateurs et des parasitoïdes capturés au niveau des blocs de traitements en fertilisants étudiés (AP : avec paillis, SP : sans paillis, ALG : extrait d'algues, COM : compost, Tem : témoin, NPK : engrais conventionnel).

VI.3.3. Composition des communautés d'auxiliaires capturée sous serre durant a période d'échantillonnage

La communauté globale de l'entomofaune bénéfique (parasitoïdes, prédateurs, pollinisateurs) inventoriée du 21 avril au 13 juin 2021, se compose de 23 taxons répartis en 15 taxons de parasitoïdes, 4 taxons de prédateurs, et 2 taxons de pollinisateurs (tab. 2.7), le reste appartient à d'autres groupes tropiques non déterminés.

Le tableau 2.7 mentionne la répartition des taxons dans les différents blocs de traitement

Taxon/statut trophique	Tem_P	Tem_SP	ALG_P	ALG_SP	COM_P	COM_SP	NPK_P	NPK_SP
Aphelinidae (pa)	+	0	+	+	0	0	+	0
<i>Aphelinus</i> (pa)	0	+	0	0	+	0	+	0
Apidae (pol)	+	+	+	0	+	+	0	+
Araneae (pr)	+	+	+	+	+	+	+	+
Bethylidae (pa)	+	0	+	0	0	0	0	+
Braconidae (pa)	+	0	0	+	0	0	0	0
Ceraphronidae (pa)	+	+	+	+	+	0	+	0
Coccinellidae (pr)	0	0	0	+	+	+	0	0
<i>Encarsia</i> (pa)	+	+	+	0	+	+	0	0
Encyrtidae (pa)	+	0	0	+	+	0	0	0
Eulophidae (pa)	+	0	0	+	+	+		0
Ichneumonidae (pa)	0	0	0	+	0	0	0	0
Megaspilidae (pa)	0	0	0	+	0	0	0	0
Mymaridae (pa)	+	0	+	+	+	+	+	+
Platigastridae (pa)	+	+	+	+	+	+	+	+
Pteromalidae (pa)	+	0	0	0	0	0	+	+
Scelionidae (pa)	+	+	+	0	+	+	+	+
Staphylinidae (pr)	0	0	0	0	0	0	0	+
Trichogrammatidae (pa)	0	0	0	+	+	+	+	+
Vespidae (pol)	0	0	0	0	0	+	0	+
Coleoptera (at)	+	0	+	+	0	0	0	+
Formicidae (pr)	0	0	0	0	+	0	0	0
Heteroptera (pr)	0	0	0	0	+	0	+	0

Tableau 2.7. Composition taxonomique et présence (+) absence (-) des taxons bénéfiques de l'entomofaune capturée au niveau des plants de tomate fertilisés et non fertilisés (pa : parasitoïdes, pr

: prédateurs, pol : pollinisateurs, at : autres).

VI.4. Discussion générale

Les travaux consultés sur les pratiques culturales mises en œuvre sur les cultures de tomate révèlent une diversité de modes de conduites des cultures adoptés par les producteurs. Généralement, les plantations précoces de tomate sous chapelle nécessitent souvent de nombreux traitements contre les bioagresseurs et un entretien fréquent des plants.

L'azote est l'un des nutriments les plus indispensables à la croissance optimale et rendements élevés des cultures de tomates. Un excès d'azote peut toutefois entraîner une baisse des rendements de tomates ; l'ammonium pouvant restreindre la croissance et compromettre la qualité globale. Le phosphore joue un rôle important dans la croissance précoce et le développement racinaire des jeunes plants. De forts taux de potassium contribuent à l'obtention de hauts rendements. Un juste équilibre entre les apports de potassium et ceux d'autres nutriments comme le calcium et le magnésium est également important.

Le NPK et l'Urée sont les principales sources de matière organique et d'engrais minéraux utilisés pour la fertilisation de la tomate de plein champ (**Dougnon 2014; Pérrin, 2013; Assogba Komlan, 2007**).

L'engrais 15-15-15 a une action bénéfique sur les différentes parties des végétaux : sur les feuilles, les tiges et branches ainsi que sur les fleurs, et donc les fruits

En effet, l'azote, comme l'ont montré différents auteurs, est un élément important pour la vie de la plante et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes (**Lafond, 2004 ; FAO, 2005**).

La fertilisation organique entraîne une augmentation des cations échangeables en augmentant la teneur en carbone organique, (**Boisson, 1977, Moreau, 1983, Wilczynski et al, 1993 et Feller, 1994**). Les matières organiques, en améliorant la structure et l'aération du sol, favorisent le développement des bactéries aérobies, indispensables à la minéralisation et aux

échanges dans la rhizosphère (**Lasnier-Lachaise, 1973; Soltner, 2003**). Elles favorisent aussi la croissance et la résistance des plantes aux parasitismes selon le même auteur.

Les travaux de **Koala et Bélem (2018)** ont mis en évidence sous abri anti-insectes pour la même variété de tomate, l'effet positif de l'application toutes les 3 semaines du NPK et de l'Urée sur la hauteur des plants. En effet, sous abri, la différence de hauteur significative enregistrée serait due à l'effet d'ombrage du filet anti-insectes comme l'ont montré les travaux de **Mensah (2016), Gogo (2014) et Djidji (2010)**.

La base de la fertilisation en agriculture biologique demeure le compost. L'amélioration des caractéristiques chimiques, physiques et biologiques des sols par des amendements de compost créent de meilleures conditions de croissance pour les plantes. Ces dernières sont ainsi moins stressées, ce qui les rend plus résistantes aux maladies. Les composts livrent au sol de la matière organique plus ou moins stabilisée suivant le degré de maturité du produit. Environ la moitié du carbone organique ainsi apporté est intégrée de manière durable dans le sol et forme l'humus stable lequel améliore la structure du sol et sa porosité ce qui influence positivement la régulation hydrique et améliore l'aération du sol. Du point de vue chimique, les composts apportent une quantité non négligeable d'éléments fertilisants. Particulièrement intéressants sont l'apport en calcium, qui explique en partie les effets positifs des composts sur la valeur du pH des sols, et l'apport en oligoéléments essentiels pour l'équilibre des plantes.

L'activité et l'équilibre microbien du sol peuvent être influencés par les microorganismes antagonistes apportés par le compost (**Fuchs, 2009**). En plus de leur action indirecte, les composts peuvent, suivant leur qualité microbiologique, influencer directement la santé des plantes par l'action de microorganismes antagonistes qu'ils contiennent en concurrençant les agents pathogènes, en les parasitant ou en les inhibant. L'apport de compost dans le sol peut influencer positivement la résistance globale des plantes aux maladies.

Les composts sont cependant de composition très variable selon les matériaux de base et les méthodes utilisées. Il est important de rechercher un compost dont la composition respecte le plus possible les besoins de la tomate. Néanmoins, l'emploi de compost seul ne va pas permettre au cultivateur de résoudre tous ses problèmes. C'est pourquoi il est important

d'intégrer l'utilisation de compost dans le concept de production et de la coordonner avec les autres facteurs mis en jeu.

Tous les composts n'ont pas les mêmes caractéristiques et les mêmes propriétés (**Kupper et Fuchs, 2007**).

Les algues marines ont également été longuement utilisées pour améliorer la fertilité des sols et augmenter la productivité des plantes de grandes cultures (**Craigie, 2011**).

Une grande variété de produits d'extraits d'algues (EA) est commercialisée dans le monde entier et sert d'intrant en agriculture (**Craigie, 2011**). Les extraits d'algues sont connus pour leurs rôles biostimulants dans l'activation de la croissance végétative, la floraison et la défense des plantes contre les stress environnementaux (**Craigie, 2011 ; Mattner, et al., 2013**).

Les EAs à base d'algues (marines) brunes telles que *Ascophyllum nodosum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Sargassum* et *Turbinaria* spp. (**Sharma et al. 2012**) sont souvent utilisés à faibles doses (dilué à 1:1000 ou plus) dans l'agriculture, (**Khan et al. 2009**). Les extraits d'algues peuvent contenir un large spectre de molécules organiques de minéraux et inclure des complexes polysaccharidiques absents chez les plantes terrestres comme la laminarine, le fucoïdane, des alginates et des hormones d'après les mêmes auteurs

Les effets réels des extraits d'algues sur les cultures sont surtout concrétisés à travers des apports d'hormones végétales, plus que des fertilisants. Notamment, une meilleure résistance aux insectes et aux maladies, une augmentation du nombre de fleurs, de fruits et du rendement ont été rapportés dans la littérature, (**Norrie et Keathley, 2006; Eyraş et al. 2008 ; Hurtado et al. 2009**).

L'effet anti parasitaire des extraits d'algues s'explique par l'augmentation de la concentration des molécules bioactives, notamment des antioxydants dans les plantes traitées (**Fan et al. 2011**), ainsi que la richesse en alginates et en fucoïdanes, (**Thivy, 1964**).

Pour **Hafsi et Dilmi (2020)** qui ont réalisé un travail similaire au nôtre, l'engrais NPK et l'apport du compost semblent induire un meilleur développement foliaire par rapport à l'extrait liquide d'algues 'Algasmar' et les plants non fertilisés. D'autres auteurs ont remarqué sur la tomate, la même qualité fertilisante des extraits d'algues des espèces *Azolla caroliniana*

(Groga et al., 2018), *Cystoseira gibraltaria*, *Bifurcaria bifurcata* et *Fucus spiralis* (Baroud et al., 2017). Les algues brunes (Phaeophyceae) donnent de meilleurs résultats que les algues vertes (Chlorophyceae) et les algues rouges (Rhodophyceae) d'après Sasireka et al., (2016).

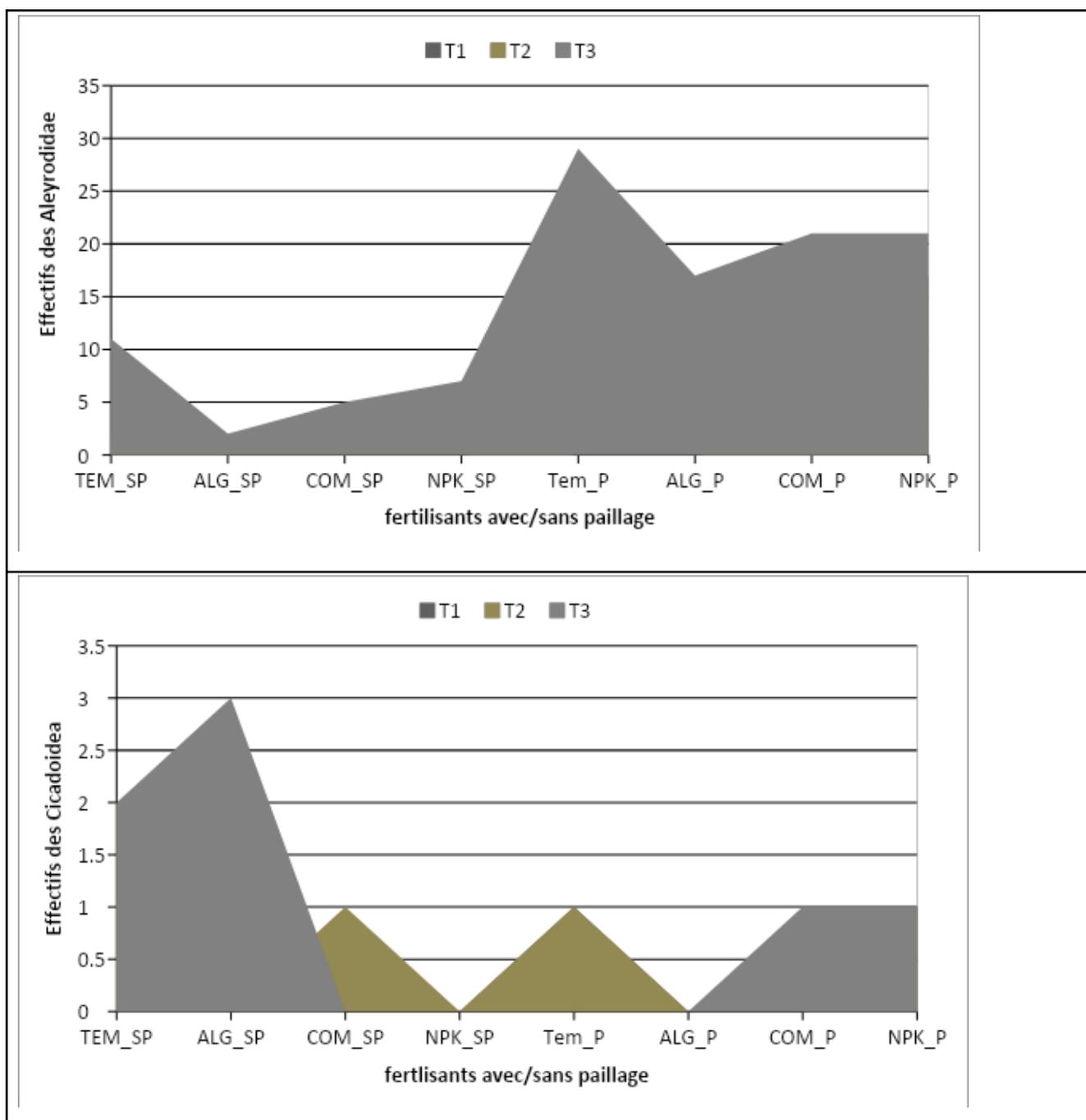
L'effet bénéfique du bio fertilisant 'Algasmar' a été étudié et confirmé sur les paramètres de qualités technologiques et nutritionnels de deux variétés de tomate 'Saint-Pierre' et 'Rio grande' (Abidi et al., 2016 ; Amatussi et al., 2020).

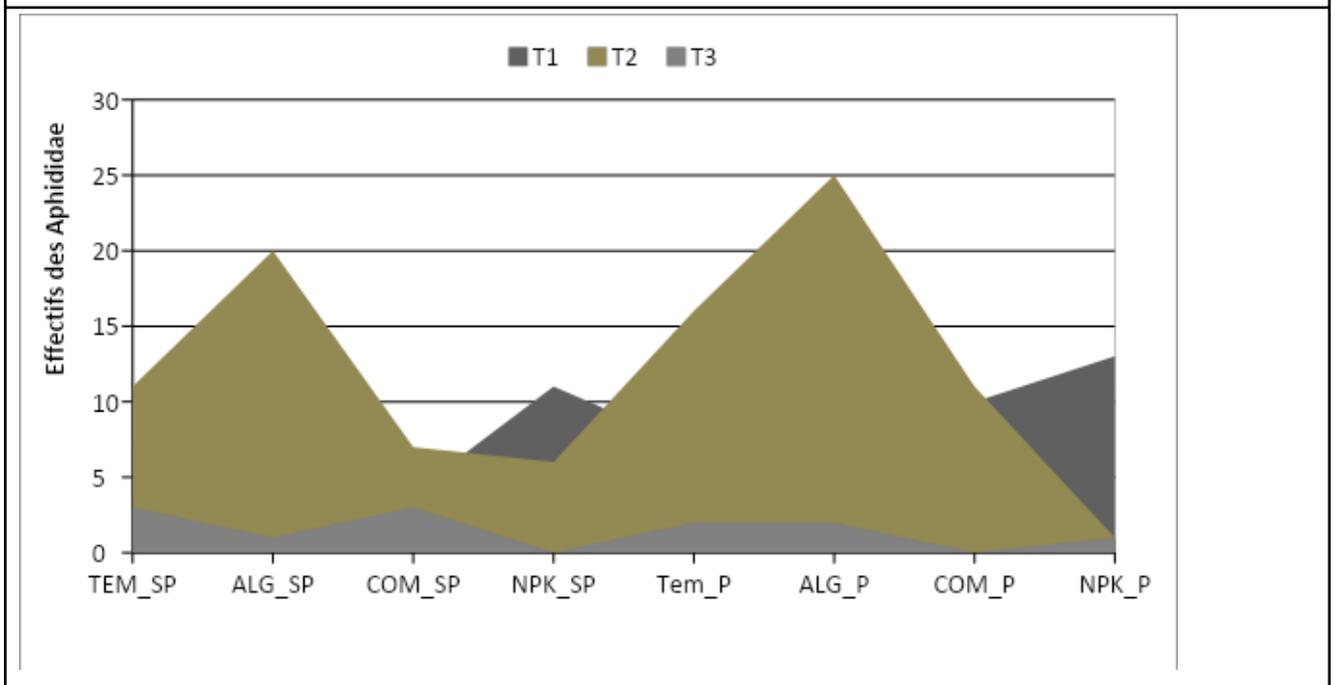
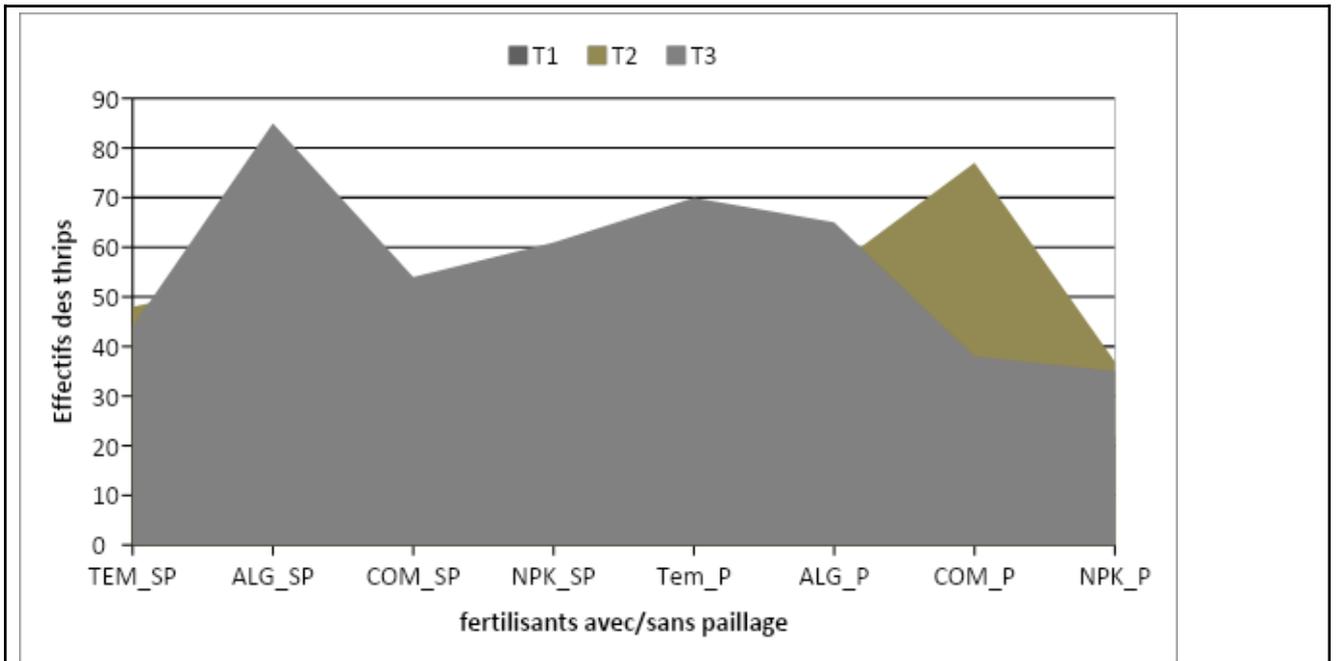
Dans le présent travail, le suivi temporel des abondances des ravageurs et auxiliaires montre une dominance des pucerons, des thrips, des aleurodes et des Cicadoidea. Une très faible proportion de parasitoïdes notamment des pucerons momifiés a été notée sous serre, alors qu'aucun traitement phytosanitaire n'avait été réalisé. Les araignées, prédateurs polyphages ont été capturées avec un très faible nombre également.

Aviron et al., (2013), ont mentionné que le pool de ravageurs aériens ainsi que les punaises Miridae du genre *Macrolophus* sp et *Dicyphus* sp détectés en serre de tomate varient selon la conduite de la culture. Parmi les ravageurs rencontrés, les aleurodes, *Tuta absoluta* et à une moindre mesure, les pucerons et les acariens tetranychidae étaient les plus représentés et constituaient des proies potentielles pour les punaises mirides.

Sur les populations du puceron de la fève *Aphis fabae*, l'effet d'algues marines combiné à celui du thé de vermicompost a eu pour conséquence une réduction de la sévérité des attaques de ce ravageur selon Chaïchi et al., (2017). Le mélange d'extraits de la Fabaceae *Sophora flavescens* et du produit à base d'algues brunes «Boundary» était sans danger sur le prédateur d'aleurodes *Macrolophus pygmaeus* (Kambur) sur la tomate et sur les acariens prédateurs de thrips *Orius laevigatus* (Fieber) et *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) sur poivron.

Les résultats de Royer (2013) ont montré que le ratio C/N est un indicateur fiable du compromis croissance/défense dans le cas d'une plante saine. Dans le cas d'une plante attaquée, la répartition des ressources entre les différents métabolites varie en fonction du bioagresseur. Ainsi selon le même auteur, les variations des ratios C/N total sont positivement corrélés à celles des composés de défense quelle que soit leur composition en azote et carbone. Par ailleurs, une faible disponibilité en azote avait altéré le développement de *T. absoluta* mais favorisé par contre le développement de *Botrytis cinerea*.





Conclusion

Conclusion et perspectives

La régulation des populations d'insectes ravageurs par leurs ennemis naturels est l'un des bénéfices cadrant dans le développement d'une agriculture moins dépendante en intrants chimiques. La maximisation de ce bénéfice implique de passer par une évolution des pratiques agricoles qui soit favorable aux ennemis naturels des ravageurs. Le travail de la présente étude est une contribution à l'approche de l'impact d'une pratique biologique à savoir des apports en fertilisants organiques sur les bio-agresseurs de la tomate et leurs antagonistes sous serre.

L'expérimentation a été réalisée durant la période avril à juin 2021 en serre tunnel, située au niveau de la station expérimentale de l'Université de Blida 1, dans la région de Soumâa (Blida). Les variations des hauteurs, le nombre de fleurs et de fruits des plants de tomate cultivés directement en pots ont été étudiées en relation avec une fertilisation conventionnelle (à base d'engrais NPK) comparée à une fertilisation biologique (produit 'Dalgin' à base d'extraits d'algues et un compost d'origine végétale) en absence ou en présence d'un paillis. Parallèlement, des captures par piégeage ont permis de quantifier les abondances des communautés de phytophages et d'ennemis bénéfiques selon chaque type de conduite en fertilisants.

Les conclusions que nous pouvons tirer de cette étude préliminaire permettent de faire ressortir les points focaux suivants.

- Globalement, les effets de la fertilisation biologique de la tomate cultivée en pots ont traduit de manière significative une meilleure croissance en hauteur des plants et une meilleure production en fleurs et en fruits avec le produit 'Dalgin' à base d'extraits d'algues, en relation avec les doses utilisées. Les effets sur la croissance et la production des plants sont néanmoins moins marqués avec l'apport du compost végétal. En comparaison, les plants de tomate ayant été fertilisés avec l'engrais minéral NPK ont montré des croissances en hauteur et une production plus réduites.
- Il a été remarqué une variabilité de l'effet du facteur paillis (mélange de sciure de bois et de paille) apporté en couverture du sol en pots. L'analyse des interactions du facteur paillis avec les autres facteurs (fertilisant et période de développement) a mis en évidence des différences très variables selon le paramètre de croissance ou de production étudié.
- Également, la modalité avec ou sans paillis semble avoir impacté la disponibilité et l'abondance moyenne des communautés de l'entomofaune phytophage et bénéfique.

Conclusion et perspectives

- Comme pour les paramètres de croissance et de production, le fertilisant à base d'extrait d'algues 'Dalgin' a induit un meilleur recrutement des communautés des ravageurs et des ennemis bénéfiques à la 1^e quinzaine de juin période de floraison maturation des fruits. Les différences comparées des moyennes d'abondances étaient très significatives entre les différents traitements en fertilisants testés.

- Dans les conditions de notre expérimentation, les dénombrements des captures à travers les pièges englués (jaunes et bleus) ont montré que les communautés de phytophages sont par ordre d'importance composées des thrips, des aleurodes, des aphides et des cicadoidea. Les abondances moyennes de ces catégories de phytophages varient selon le bioagresseur, la modalité paillis et l'apport en fertilisant.

- Nous avons inventorié 23 taxons d'auxiliaires répartis en prédateurs (dont les Aranea), les parasitoïdes et les pollinisateurs. Les résultats des dénombrements obtenus montrent que les effectifs moyens des taxons prédateurs sont importants devant ceux des parasitoïdes.

Toutefois, les espèces de parasitoïdes spécifiques aux phytophages pouvant être associés à la tomate en serre (cas des aleurodes et des aphides) étaient bien représentés. C'est le cas des genres *Aphelinus* et *Encarsia* parasitoïdes spécifiques respectivement des pucerons et des aleurodes.

Dans cette étude, les variations des températures et la pluviométrie de la région de Soumâa enregistrés durant la période expérimentale pourraient certes avoir un effet non seulement sur le déplacement de l'entomofaune circulante de l'extérieur vers l'intérieur de la serre mais aussi sur l'augmentation de la température à l'intérieur de celle-ci. Par voie de conséquence, nous pensons que le développement des plants fertilisés de la tomate en pots est aussi tributaire des conditions des températures extrêmes lesquelles pourraient entraîner un ralentissement de la croissance et une réduction de la production de la tomate.

Au vu de ces conclusions énoncées, nous proposons comme perspectives au présent travail d'étudier les effets comparés d'autres extraits d'algues administrés seuls ou de manière combiné en raisonnant précisément différentes doses des apports en tenant compte de leur fréquence durant le cycle de culture de la tomate de différentes variétés.

Références bibliographiques

- **A.H.N'GUESSAN et al., 2020** Effet de l'engrais organique de bogadi sur le nombre d'insectes qui visitent les palmiers à huile.
- **Anonyme(2007).** Autres noms scientifiques de *Tuta absoluta* Meiryck.In.http://www. Cabicompendium.Org/Namesliste/CPC/Full/SCPPAB.HTM.3p
- **Assogba Komlan F., 2007.** Valorisation des déchets agro-industriels en agriculture urbaine dans le Sud du Bénin : Diagnostic, évaluation et perspectives. Thèse de doctorat, URF des Sciences de la Terre et des Ressources Minières de l'Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 140 p.
- **Benton J. (2008).** Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden, deuxième édition. Edition: Taylor et Francis Group. New York. 399p.
- **Benton J.J. (1999):**Tomato plant culture: in the Field, greenhouse and Home gardan: ISBN 0-8493-2025-9. By CRC presse LLC. 183p.
- **Berkani A. & Badaoui M.I., 2008.** La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, 16 p
- **Boissezon P., 1977.** Essai de détermination du rôle des matières organiques dans la capacité d'échange des sols ferralliques. Science du sol. Vol 2. pp 61-68.
- **Brun, R. et Montarone, M. 1987.** Influence de la concentration saline de la solution nutritive sur la réaction de la plante. Pages 171–202 dans Les cultures hors sol. INRA, Paris, France
- **Chaux C et Foury C. L., 1994.** Cultures légumières et maraichères. Tom 3.légumineuses potagères, légumes fruit. Tec et Doc Lavoisier, Paris, 563 p.
- **Chaux C.L. et Foury C.L., 1994.** Cultures légumières et maraichères. Tome III :m légumineuses Potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier, Paris. 563p.
- **cherry tomatoes.** Scientia Agraria, Curitiba, 10 (3): 327-330.
- **Raemaekers, R.(2001).** Agriculture en Afrique tropicale. DGIC, Bruxelles.4p
- **Chaux, C.L.(1971).** Livre Classification de Nic- 2de édition, version.
- **Chibane A., 1999-** Tomate sous serre. Fiche Technique. Bulletin mensuel d'information et de liaison du P.N.T.T.A. N° 57, juin 1999, Edit M.A.D.R.P.M/D.E.R.D. Maroc, 4 p.
- **CRAIGIE, J. S.** Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology, 2011, vol. 23 (3), 371-393.

- **Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of following plants. Columbia University.2p
- **Djidji A. H., Zohouri G. P., Fondio L., Nzi J. C. Et N. C. Kouamé,** 2010. Effet de l’abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le Sud de la Côte-d’Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 25: 1557 – 1564 ISSN 1997–5902.
- **Dore, C., Varoqaux F.(2006).** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA, Paris,5p
- **Dougnon T. V., Bankole H. S., Klotoe J. R., Legonou M., Dougnon J. T., Adjehidadie T. A. Et Boko M.** 2014. Digestion en anaérobiose des fientes de poulets : impacts sur la qualité microbiologique des feuilles de *Solanum macrocarpon* Linn (*Solanaceae*) cultivé au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 5(3) : 241-253.
- **El Akel M., Chouibani M. et Kaack H. (2001).**Protection intégrée en culture de tomate *Integrated Pest Management Review*.1 :15-29.
- **FAO, 2005.** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, Projet Promotion de l’Utilisation des Intrants agricoles par les Organisations de Producteurs du Niger, Rome, 24 p.
- **Feller C., 1994.** La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1 :1 : recherche de compartiments organiques fonctionnels. Une approche granulométrique. Thèse de Doctoral. Univ. Strasbourg (ULP).190p.
- **Fraval A., 2009-** Les aleurodes. *Insecte* 31, N° 155 (4), 05 p.m
- **Fuchs J.** 2009. Interactions Between Beneficial and Harmful Microorganisms: From the Composting Process to Compost Application. Dans: *Microbes at work: from wastes to resources*, H. Insam, I. Franke-Whittle et M. Goberma (eds), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, en presse.
- **Gallais A. & Bannerot H. (1992).** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p
- **Gaussen, H., Lefoy, J., Ozenda, P.(1982).** Précis de Botanique.2èmeEd. Masson, Paris.2p
- **Gogo Elisha O. Thibaud Martin, Mwanarusi Saidi, Francis M. Itulya and Mathieu Ngouajio :** Microclimate Modification Using Ecofriendly Nets for High-quality Tomato Transplant Production by Small-scale Farmers in East Africa, *Journal of Hortitechnology, Research Reports*, june 2012, 22(3). 7p.

- **Guénaoui, 2008.** Nouveau ravageur de la tomate en Algérie. Première observation de *Tuta absoluta*, mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem. *PHYTOMA, La Défense des Végétaux* N°617 :18-19.
- **Haas. D. and Defago, G. 2005.** Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nat. Rev. Microbiol.* 3(4), p. 307-319.
- Jacques G. Fuchs, **FERTILITE ET PATHOGENES TELLURIQUES : EFFETS DU COMPOST,2009.**
- Jacques Petit et Pierre Jobin, **La fertilisation organique des cultures2005 .**
- **Karid Keltoum., Messati San.(2013).** Efficacité de la résistance de six variétés de la tomate à *Tuta absoluta* sous abris plastique à l'ITDAS de Hassi Ben Abdellah (Ouargla)
- **KHAN, W. et al.** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2009, vol. 28 (4), 386-399.
- **Koala O., Bélem J. 2018.** Effects of Split Mineral Fertilizer Applications on the Growth and Productivity of Three Tomato Varieties (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Rainy Season Cropping. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-58792-9_9 Pp 139-160.
- **KUPPER T., FUCHS, J.G. 2007 :** Compost et digestat en Suisse. Étude n° 2 : Influences des composts et des digestats sur l'environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes. *Connaissance de l'environnement* no 0743. Office fédéral de l'environnement, Berne (Suisse), pp 49-124.
- **LafondJ., 2004.** Fractionnement de la fertilisation azotée minérale et organique : Effet sur la productivité du canola de printemps et sur les nitrates du sol. *Can. J. Soil Sci.* 84: 491–501.
- **Lasnier-Lachaise L., 1973.** *Agronomie nouvelle.* Flammarion. Paris. 284p.
- **Latigui, A.(1984).** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach , Algérie. 2p
- M Larbi Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques· 2006
- **MATTNER, S. W. et al.** The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia. *Biological Agriculture & Horticulture*, 2013, vol. 29 (4), 258-270.

- **Mazollier C, E .Oudard et E. Béliard, 2001.** Les lépidoptères ravageurs en légumes biologique. Fiche 01, TECHNITAB, FLASHMEN GAP, 04p
- **Mehdi isikioune** ‘la nouvelle République le 23 - 11 – 2010
- **Mémento de l’agronome, 2003**
- **Mensah A. C. G., S. Simon, F. Assogba Komlan, L. A., T. Martin et M. Ngouajio (2016)** : Intensification de la culture de tomate sous abri couvert de filet anti-insectes en région chaude et humide du SudBénin. Communication SIST 2016 Ouagadougou, Publié dans Science et Technique, Sciences Naturelles et agronomies, Spécial hors série n° 2 — Décembre 2016 — ISSN 1011-6028.
- **Mensah et al., J. Appl. Biosci.** Effet du fractionnement d’engrais organique, d’Urée et du Sulfate de Potassium sur la productivité et la conservation des fruits de tomate au Sud du Bénin, 2019.
- **Moreau R., 1983.** Evolution des sols sous différents modes de mise en culture en Côte d’Ivoire forestière et pré forestière. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Pédol. 20 (4). pp 311-325.
- **Munro B. Small E., 1997.** Les légumes du Canada.Ed.Val.Morin,Québec, Canada.436p.
- **NABIL HALLAOUI** , 6 manières de bien les tuteurer,22 MAI 2020
- **Naika ,S. De., Jeude, J.V.L., De., Goffau, M., Hilmi, M., Van Dam, B. (2005).** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme (ed). Foundation agromisa et CTA, Wageningen,5p
- **NORRIE, J. ; J. P. KEATHLEY.** Benefits of ascophyllum nodosum marine-plant extract applications to Thompson Seedless grape production. X International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit Production, 2005, 727.
- **Péron J., 2006** : la production légumière. Ed. Lavoisier. Paris. Pp 578-592.
- **Pérrin A. 2013.** Evaluation environnementale des systèmes agricoles urbains en Afrique de l’Ouest : Implications de la diversité des pratiques et de la variabilité des émissions d’azote dans l’Analyse du Cycle de Vie de la tomate au Bénin. Sciences agricoles. 2013. .
- **PNTTA.(1999).** BULLETIN MENSUEL D’INFORMATION ET DE LIAISON DU PNTTA.Fiche technique tomate sous serre
- **Polese, J.M. (2007).** La culture de la tomate. Ed Artémis . 5p,8p,9p

- **Riley D. G., Joseph S. V., Srinivasan R. and Diffie S., 2011**-Thrips vectors of tospoviruses. *J. Integ.PestMngmt*, 1 (2), 10.
- Robert Robitaille, Le point sur la fertilisation en production biologique de la tomate de serre,2003.
- Serra , Réponses écophysiologicals et moléculaires des plantes aux stress xénobiotiques complexes de faible intensité : implications dans les capacités de protection environnementale des bandes enherbées, 2015.
- **Shankara, N., Jeude, J. V. L.,Goffau, M., Hilmi, M., Da, B. V., 2005** - La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. Ed. Prota,11p
- **SHARMA, S. H. S. et al.** Biostimulant activity of brown seaweed species from Strangford Lough: compositional analyses of polysaccharides and bioassay of extracts using mung bean (*Vigna mungo* L.) and pak choi (*Brassica rapa chinensis* L.). *Journal of Applied Phycology*, 2012, vol. 24 (5), 1081-1091.
- **Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23^{ème}. Ed. Paris. 472p.
- **Tomate Ft Culture SDRdag v2016**
- **Van der Vossen HAM, Nono-Womdim R. and Messiaen CM. 2004.** *Lycopersicon esculentum* Mill. In PROTA 2: Vegetables/Légumes, Grubben, GJH,Denton OA (eds). PROTA: Wageningen, Pays Bas.
- **Wilczynki A.W., Renger M., Jozefaciuk G., Hajnos M. et Sokoloska Z., 1993.** Surface area and C.E.C as related to qualitative and quantitative change of forest soil organic matter after liming. *Zpflanz Bodenk.* 156 (3). pp 235-238.

Site web:

- <http://ephytia.inra.fr/fr/C/23154/Tropileg-Aleurodes>
- <https://www.growland.fr/Engrais-NPK>
- <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/tomate/ameliorer-rendement-tomates/>
- <https://www.yara.ci/fertilisation/fertilisation/tomate/>
- <https://engrais.ooreka.fr/astuce/voir/343162/engrais-15-15-15>
- <https://monjardinmamaison.maison-travaux.fr/mon-jardin-ma-maison/conseils-jardinage/astuces-eloigner-insectes-indesirables-compost-277073.html#item=1>
- <https://espacepourelavie.ca/soins-fertilisation-et-ravageurs>